

DOI: 10.20913/2618-7515-2024-2-3

УДК 001.51: 167.6

Оригинальная научная статья

Фрактальная самоорганизация образовательных систем в гиперболические ранговые распределения

Р. В. Гурина

Ульяновский государственный университет

Ульяновск, Российская Федерация

e-mail: roza-gurina@yandex.ru

В. В. Лизяева

Ульяновский государственный университет

Ульяновск, Российская Федерация

e-mail: vilenabedash@yandex.ru

Аннотация. *Введение.* Ценология – новое научное направление, возникшее более сорока лет назад, изучающее ценозы разной природы (техно-, био-, эко-, космо-, социоценозы). Выяснено, что объекты ценозов самоорганизуются в гиперболические ранговые распределения (ГРР) на всех масштабных уровнях. Техногенная самоорганизация описана Б. И. Кудриным. Ранее сообщалось о самоорганизации космических объектов (спутники планет, планеты, звезды, звездные скопления, галактики, скопления галактик) в ГРР на всех космических уровнях и фрактальном характере этого процесса (Р. В. Гурина). Был сделан вывод о детерминированном характере этих процессов: Бог не играет в кости. Происходят ли подобные процессы в сфере образования? Цель настоящего исследования – найти ответ на этот вопрос. *Постановка задачи.* Обобщение и анализ результатов изучения ГРР образовательных систем за период 2002–2024 гг.; классификация ГРР по масштабным уровням. *Методика и методология исследования.* Индукция, дедукция, аналогия; графическое построение и аппроксимация ГРР с помощью компьютерных программ; сравнение ГРР методом Пирсона. *Результаты.* Приводятся примеры из графической доказательной базы за этот период: рейтинги учащихся, образовательных учреждений городов, стран. Как оказалось, все они – классические гиперболы разной крутизны. В процессе анализа результатов выявлен синергетический фрактальный характер организующихся в ценозы образовательных объектов, подобно био- и техноценозам, что составляет новизну и научную ценность исследования. При этом фрактальность является неотъемлемым свойством образовательных ценозов, так же, как и у техноценозов. В отличие от фракталов Мандельброта самоорганизация объектов в образовании, как и в технике осуществляется на разных иерархических уровнях не по геометрическому, а по ценологическому типу – в ГРР. Рассмотренная совокупность образовательных объектов распределена по пяти масштабным уровням и образует фрактальную мегасистему, модель которой представлена в виде уровневой схемы. *Выводы.* Полученные результаты являются вкладом в теорию и практику ценологии – нового научного направления, распространившегося на сферу образования; принцип Парето 80/20 является логическим следствием закона ГРР.

Ключевые слова: социальная философия, ценоз, ценология, образование, закон гиперболического рангового распределения, самоорганизация, фрактальные уровни

Для цитирования: Гурина Р. В., Лизяева В. В. Фрактальная самоорганизация образовательных систем в гиперболические ранговые распределения // Профессиональное образование в современном мире. 2024. Т. 14, №2. С. 210–221. DOI: <https://doi.org/10.20913/2618-7515-2024-2-3>

DOI: 10.20913/2618-7515-2024-2-3
Full Article

Fractal self-organization of educational systems into hyperbolic rank distributions

Gurina, R. V.

Ulyanovsk State University
Ulyanovsk, Russian Federation
e-mail: roza-gurina@yandex.ru

Lizyaeva, V. V.

Ulyanovsk State University
Ulyanovsk, Russian Federation
e-mail vilenabedash@yandex.ru

Abstract. *Introduction.* Cenology is a new scientific field that arose more than forty years ago, studying cenoses of different nature (techno-, bio-, eco-, cosmo-, sociocenoses). At the same time, it was found out that the objects of cenoses self-organize into hyperbolic rank distributions (GRR) at all scale levels. Technogenic self-organization is described by B. I. Kudrin. Earlier it was reported about the self-organization of space objects (satellites of planets, planets, stars, star clusters, galaxies, clusters of galaxies) in exploration at all cosmic levels and the fractal nature of this process (R. V. Gurina). It was concluded that the deterministic nature of these processes: God does not play dice. Are similar processes taking place in the field of education? The purpose of this study was to find the answer to this question. *Purpose setting.* Generalization and analysis of the results of the study of hyperbolic rank distributions (GRR) of educational systems for the period 2002–2024; classification of GRR by scale levels. *Methodology and methods of the study.* Induction, deduction, analogy; graphical construction and approximation of GRP using computer programs; comparison of GRP by the Pearson method. *Results.* Examples from the graphical evidence base for this period are given: ratings of students, educational institutions of cities, countries. As it turned out, they are all classic hyperboles of varying steepness. In the process of analyzing the results, the synergetic fractal nature of educational objects organized into cenoses, like bio- and technocenoses, was revealed, which is the novelty and scientific value of the study. At the same time, fractality is an integral property of educational values, as well as of technocenoses. Unlike Mandelbrot fractals, the self – organization of objects in education, as well as in technology, is carried out at different hierarchical levels not according to a geometric, but according to a cenological type – in GRR. The considered set of educational facilities is distributed over five scale levels and forms a fractal megasystem, the model of which is presented in the form of a level scheme. *Conclusion.* The results obtained are a contribution to the theory and practice of cenology, a new scientific field, expanding its scope to the field of education; the Pareto 80/20 principle is a logical consequence of the law of GRR.

Keywords: social philosophy, cenosis, cenology, education, the law of hyperbolic rank distribution, self-organization, fractal levels

Citation: Gurina, R. V., Lizyaeva, V. V. [Fractal self-organization of educational systems into hyperbolic rank distributions]. *Professional education in the modern world*, 2024, vol. 14, no. 2, pp. 210–221. DOI: <https://doi.org/10.20913/2618-7515-2024-2-3>

Введение. Более сорока лет назад возникло новое научное направление, основанное профессором МЭИ Б.И. Кудриным – *ценология*, изучающее ценозы разной природы, ядром которой является закон гиперболического рангового распределения [1; 2]. Вначале им был открыт новый тип ценозов: *техноценозы*, и создано научное направление: *технетика*, ядром которого является учение о технических изделиях как «сообществах», самоорганизующихся в ценозы с гиперболическим ранговым распределением (ГРР) изделий-особей в них, подобно биоценозам и экоценозам (www.kudrinbi.ru). Ранговое распределение (РР) или распределение

по рангу – это результат ранжирования объектов системы-ценоза в порядке убывания или ухудшения исследуемого параметра. Была выявлена закономерность убывания: распределение по рангу или рейтингу – это резко убывающая гиперболическая зависимость. Уравнение классической гиперболы из курса математики: $y = A/x$. Ее свойство – неравномерность убывания в отличие от линейного убывания $y = A - kx$ ($A, k = \text{const}$), где y – это параметр объекта, x – его ранговый номер. На первом месте в ряду $x = 1$ – объект с максимальным значением параметра y , на последнем – с минимальным значением y (рис. 1а, б).

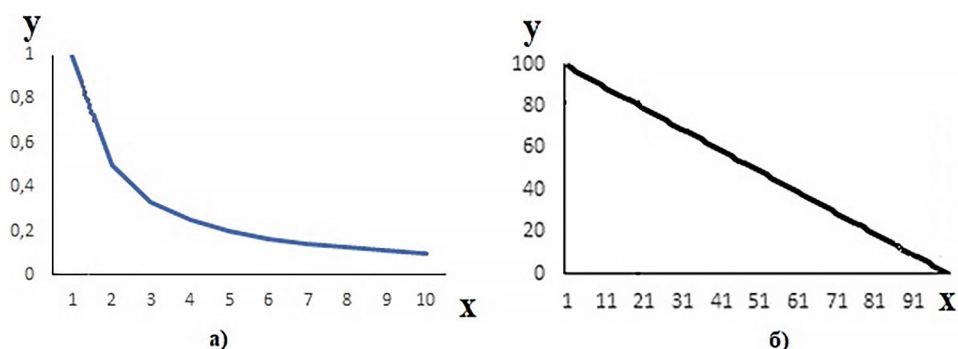


Рис. 1. а) Классическая гипербола – обратно пропорциональная зависимость, $A = 1$; б) линейно убывающая зависимость, $A = 100$, $k = 1$

Fig. 1. а) Classical hyperbola – inversely proportional dependence, $A = 1$; б) linearly decreasing dependence, $A = 100$, $k = 1$

То есть закон рангового убывания параметров объектов ценоза является гиперболическим, а ценозы – это системы с ГРР (H -распределением) объектов в них. Теория техноценозов Б.И. Кудрина была развита его последователями и успешно применена для оптимизации технических систем [3]. Впоследствии ценологические идеи быстро распространились на другие области научных знаний: экономику, лингвистику, археологию и др., в том числе на сферу образования.

Процессы самоорганизации систем изучает синергетика [4]. Техногенная самоорганизация описана Б.И. Кудриным [2]. Ранее сообщалось о процессах самоорганизации космической материи и самоорганизации космических объектов (спутники планет, планеты, звезды, звездные скопления, галактики, скопления галактик) в ГРР на всех космических уровнях и фрактальном характере этого процесса. Был сделан вывод о детерминированном характере этих процессов: Бог не играет в кости [5]. *Происходят ли подобные процессы в сфере образования?* Ответ на этот вопрос обуславливает актуальность заявленного исследования.

К области образования ценологическая теория транслирована авторами более 20 лет назад [6–14]. На большом статистическом материале доказано, что рейтинги объектов образовательных систем на разных уровнях: от учебной группы до глобального уровня – рейтинга стран мира по образовательным показателям являются ГРР. То есть осуществлена проверка на «ценозность» образовательных сообществ на всех масштабных уровнях и доказано, что образовательные системы являются ценозами, подобно био- и техноценозам. Следующими задачами, требующими решений, стали:

– обобщение обширного статистического материала и введение уровневой классификации всех полученных ГРР;

– обоснование синергетического и фрактального характера организации ценологических сообществ и систем в сфере образования.

В нашей работе приведены результаты решения этих задач, которые показали следующее:

1) выделено 5 масштабных иерархических уровней, на которых образовательные объекты организуются в ГРР (в ценозы). Процесс организации носит синергетический фрактальный характер;

2) на основании полученных результатов представлена иерархическая модель ценологической самоорганизации образовательных объектов и систем на разных уровнях в ГРР и их фрактальность, что составляет новизну и ценность настоящего исследования.

По Мандельброту, фракталом является структура, в которой части подобны целому: самоподобие – основное свойство фракталов [15]. Фрактальность проявляется многократным повторением исходной фигуры в меньших и больших масштабах. Иерархическая модель фрактальной самоорганизации образовательных систем, построенная на основе эмпирических исследований 2004–2024 гг., представляет совокупность самоподобных систем-аналогов на уровнях возрастающего масштаба. При этом самоподобие фрактальных уровней образовательных систем обусловлено не геометрией, в отличие от Мандельброта, а наличием на разных иерархических уровнях ценозов, которые самоорганизуются в H -распределения. То есть ценологическая фрактальность образовательных систем выражается в самоорганизации образовательных объектов на разных иерархических уровнях не по геоме-

трическому, а по ценологическому типу. При этом ценологическая фрактальность является неотъемлемым свойством образовательных ценозов.

Ценология до сих пор остается объектом изучения лишь небольшой части научного сообщества (ученых, преподавателей вузов, студентов). Это связано с тем, что научные сведения с большим опозданием попадают в правительственные и министерские учебные программы, учебники и становятся достоянием общественности лишь спустя десятки лет [9–11]. Вышесказанное обуславливает *востребованность* заявленной темы в сфере образования.

где A – максимальный параметр первого объекта ($W = A$, при $r = 1$), b – ранговый показатель. В образовательных ценозах ранжируются такие характеристики, как успеваемость, рейтинг в баллах образовательных учреждений (ОУ), участников олимпиад и ЕГЭ, число учащихся, поступивших в вузы и т.д.

H -распределение объектов параметров системы является необходимым признаком системы-сообщества как ценоза. Б.И. Кудрин перенес терминологию из биологии в понятийный аппарат ценологии: *ценоз, сообщество, популяция, вид*. В системе образования единицы ценоза образовательных систем – это участники образовательного процесса, классы, учебные группы, образовательные учреждения (ОУ) и т.д. Школа – это социоценоз, состоящий из отдельных структурных единиц – классов. Система школ района, города – это ценоз более крупного масштаба, где структурная единица – школа (район, город, страна и т.д.). Виды школ: лицеи, гимназии, общеобразовательные школы, специализированные школы. Популяция – структурная единица вида.

Главными признаками ценологических сообществ являются [1–3]:

- гиперболическое РР объектов в сообществе по видообразующему параметру (признак «ценозности» сообщества);
- общее, относительно однородное жизненное пространство;
- борьба элементов ценоза за ресурсы;
- способность сообщества к саморегулированию и самоорганизации;
- фрактальность;
- динамичность – способность элементов ценоза со временем менять параметры и, следовательно, ранги при сохранении формы ГРР (1). То есть каждый элемент ценоза имеет возможность двигаться по кривой РР вверх или вниз.

2. *Построение и аппроксимация ГРР*. Проверка сообщества на наличие признака «ценозности»

Методика и методология исследования

1. *Ценологический закон ГРР*. В ценологии приняты следующие буквенные обозначения параметров ГРР: W – численное значение исследуемого параметра ценоза, r – порядковый (ранговый) номер единицы (объекта, элемента) ценоза, или ранг (1, 2, 3...). В общем случае крутизна гиперболы зависит от показателя b рангового номера, который может быть равен, больше или меньше 1. По Б.И. Кудрину, РР объектов в техноценозе, как и в любом ценозе, является *гиперболическим H -распределением* и выражается законом [1]:

$$W = \frac{A}{r^b}, \quad (1)$$

осуществляется двумя дополняющими друг друга способами: во-первых, построением табулированного эмпирического РР в порядке уменьшения исследуемого параметра, графическим построением эмпирической зависимости (W, r) и аппроксимацией эмпирического РР (W, r) математической зависимостью (1) с помощью компьютерных программ – построением аппроксимационной теоретической кривой. При этом программа осуществляет регрессивный анализ: определяет квадрат коэффициента регрессии R^2 (R^2). Значение коэффициента регрессии R (корень квадратный из R^2) показывает степень совпадения эмпирических точек с аппроксимационной гиперболой; во-вторых, построением эмпирической зависимости РР в двойном логарифмическом масштабе ($\lg W, \lg r$) в табулированном и графическом вариантах и аппроксимация полученной прямой с вышеизложенными требованиями и регрессивным анализом.

3. *Корреляционный анализ Пирсона*. Теснота ценологической связи между двумя выборками значений параметров W с одного и того же уровня или с разных иерархических уровней определялась методом корреляционного анализа Пирсона [16].

Результаты исследования

1. *Графические примеры ценологической самоорганизации образовательных объектов на разных иерархических уровнях*. Ниже иллюстрируются примеры фрактального самоподобия образовательных систем-ценозов на нескольких иерархических масштабных уровнях: I уровень – учебная группа, II уровень – школа, вуз, III уровень – город, регион, IV уровень – уровень страны, V – мировой уровень (рис. 2–12). Обозначения в подписях ко всем рисункам: r – ранг или ранговый номер объекта в рейтинге (учащегося, ОУ, региона, страны), $r = 1, 2, 3...$; W – рейтинговый показатель – количество баллов в рейтинге; либо приведенное количество баллов к максимальному баллу в рейтинге (тогда $W = 1$ при $r = 1$); β , R – аппроксимационные показатели: β – ранговый

показатель (крутизна гиперболы), R – показатель регрессии – степень близости эмпирической и аппроксимационной кривых.

А. Масштаб учебной группы, класса

На рисунке 2 представлены графики ГРР пер-

вого масштабного уровня: учащихся 9-го класса (2024 г.) и 8-го класса (2022 г.) многопрофильного лицея г. Ульяновска по результатам проверочных испытаний; r – ранговый номер учащегося; W – количество баллов.

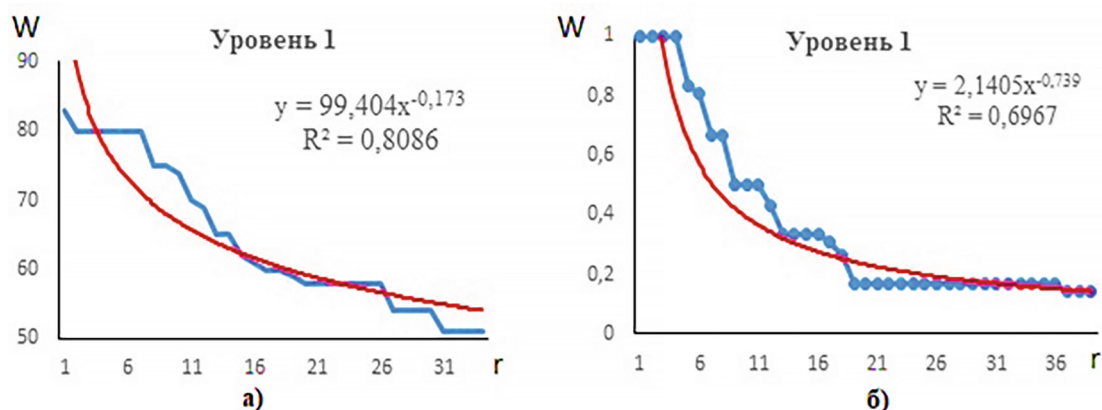


Рис. 2. Графики ГРР учащихся Многопрофильного лицея г. Ульяновска по результатам: а) пробного экзамена по математике, 9 класс, $\beta = 0,17$, $R = 0,92$; б) контрольной работы по математике, 8 класс; $\beta = 0,74$, $R = 0,83$

Fig. 2. Graphs of the hyperbolic rank distribution (HRD) for students of the Ulyanovsk Multidisciplinary Lyceum based on the results: a) a test exam in mathematics, grade 9, $\beta = 0.17$, $R = 0.92$; b) a test paper in mathematics, grade 8; $\beta = 0.74$, $R = 0.83$

1. Масштаб образовательного учреждения (ОУ).

На рисунке 3 – графики ГРР второго масштаб-

ного уровня: участников образовательного процесса по рейтинговым показателям внутри ОУ.

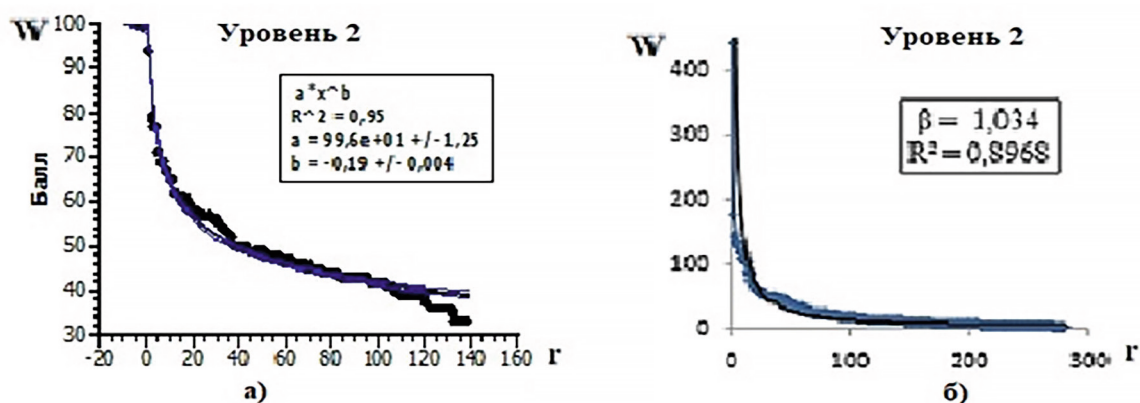


Рис. 3. Графики ГРР: а) студентов 1-го курса инженерно-физического факультета УлГУ по вступительным баллам ЕГЭ по физике (W) в 2010 г.; $\beta = 0,19$, $R = 0,97$; б) преподавателей разных кафедр УлГУ по количеству опубликованных статей (W) в 2014 г.; $\beta = 1,034$, $R = 0,95$

Fig. 3. Graph of the HRD: a) 1st-year students of the Faculty of Engineering and Physics of UISU according to the entrance exam scores in physics (W) in 2010; $\beta = 0.19$, $R = 0.97$; b) teachers of different departments of UISU according to the number of published articles (W) in 2014; $\beta = 1.034$, $R = 0.95$

Б. Региональный масштаб

На рисунке 4 – графики ГРР третьего масштабного уровня: регионов Ульяновской области

в рейтингах муниципальных ОУ по результатам проверочных испытаний.

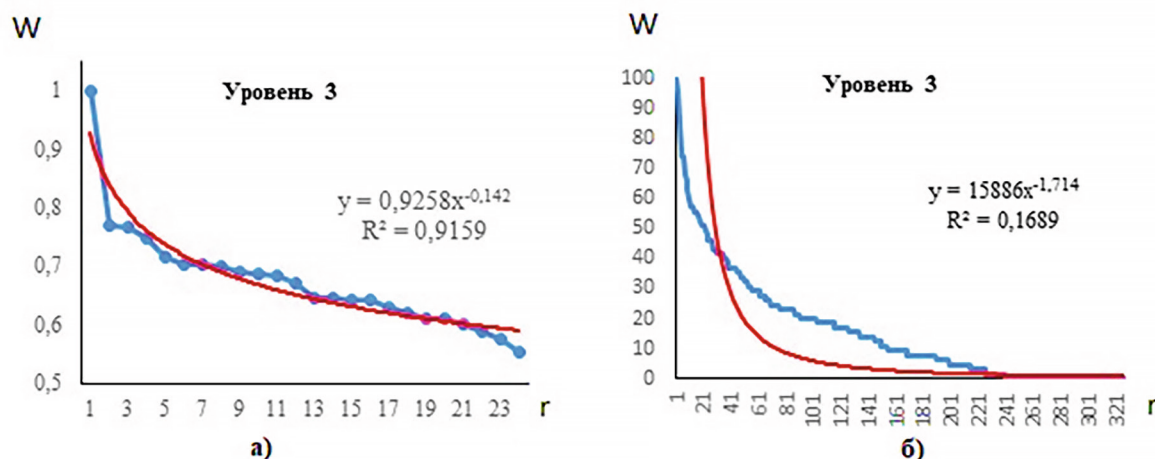


Рис. 4. Графики ГРР: а) муниципальных ОУ по результатам ЕГЭ по истории 2022 г.; $\beta = 0,14$, $R = 0,96$; б) участников регионального тура олимпиады «Звезда» по естественным наукам, 2022–2023 гг.; $\beta = 1,71$, $R = 0,41$

Fig. 4. Graphs of the HRD: a) municipal educational institutions based on the results of the Unified State Exam in history; $\beta = 0.14$, $R = 0.96$; b) participants of the regional round of the of the Olympiad «Star» in natural sciences, 2022–2023; $\beta = 1.71$, $R = 0.41$.

В ГРР рис. 4а на первом ранговом месте $r = 1$ – ОУ Старокулаткинского района, в ГРР рис. 4б – ОГАОУ многопрофильный лицей № 20 г. Ульяновска.

В. Масштаб страны

Рисунок 5 иллюстрирует графики ГРР чет-

вертого масштабного уровня – ОУ России в рейтингах образовательных результатов; r – ранг, W – баллы. В ГРР рис. 5а на первом ранговом месте $r = 1$ – СУНЦ МГУ, на втором месте $r = 2$ – Физтех-лицей им. П.Л. Капицы.

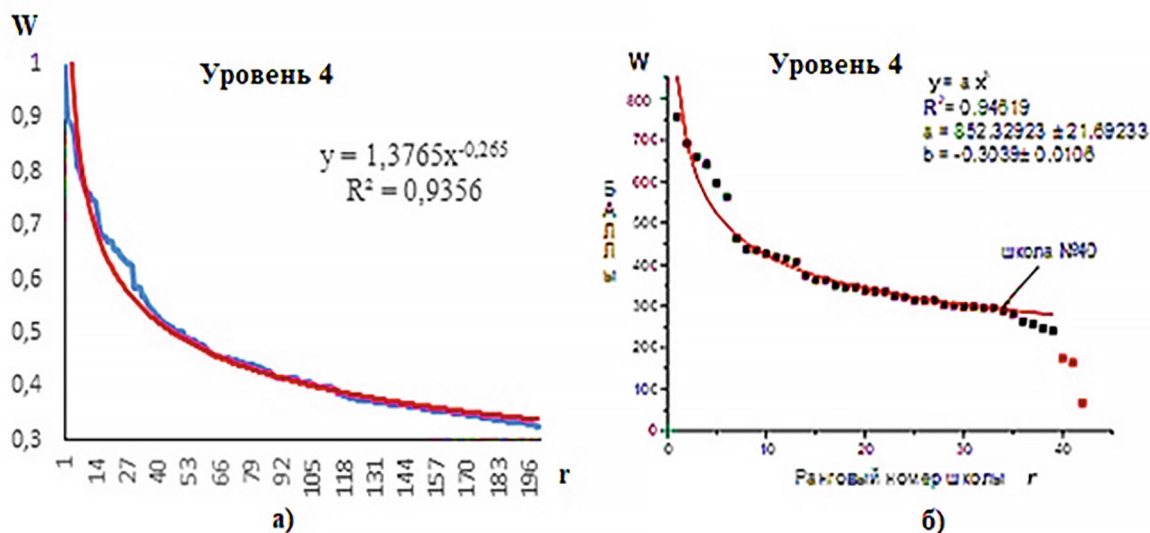


Рис. 5. Графики ГРР лучших школ России в рейтингах: а) по конкурентоспособности выпускников школ РФ в 2023 г.; $\beta = 0,27$, $R = 0,97$; б) в рейтинге общеобразовательных школ РФ в 2000 г.; $\beta = 0,3$, $R = 0,97$

Fig. 5. Graphs of the HRD of the best schools in Russia in the rating: a) of competitiveness of graduates of schools of the RF in 2023; $\beta = 0.27$, $R = 0.97$; b) of secondary schools of the RF in 2000; $\beta = 0.3$, $R = 0.97$

Г. Глобальный масштаб – мировой

На рисунке 6 – графики ГРР пятого масштабного уровня – рейтингов мировых университетов. В ГРР рис. 6а ранговые места $r = 1, 2, 3$ принадле-

жат университетам США; $r = 44$ – Китай, $r = 217$ – Россия, $r = 3766$ – Франция. На рис. 6б на первом месте $r = 1$ – МГУ им. Ломоносова, $r = 2$ – МИФИ, $r = 3$ – МФТИ, $r = 10$ – СПбГУ: r – ранг, W – баллы.

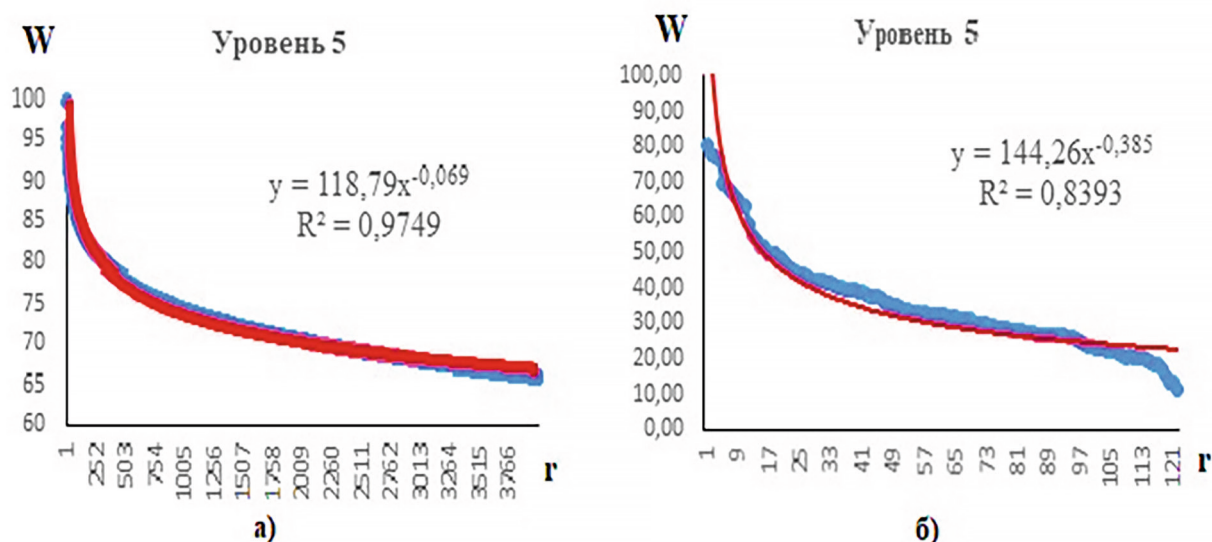


Рис 6. Графики ГРР вузов в рейтингах: а) мировых университетов 2023 г., $\beta = 0,07$, $R = 0,99$; б) российских вузов в глобальном (мировом) рейтинге 2023 г., $\beta = 0,39$, $R = 0,91$

Fig. 6. Graphs of the HRD of universities in the rankings: a) world universities in 2023, $\beta = 0.07$, $R = 0.99$; б) Russian universities in the global (world) ranking in 2023, $\beta = 0.39$, $R = 0.91$

Аппроксимация эмпирических ГРР зависимостью (1) показала высокую степень точности: коэффициент регрессии R во всех случаях имеет значения 0,8–0,9 и более. Как видно из графиков, закон ГРР (1) справедлив для образовательных систем на разных уровнях; образовательные системы являются социоценозами; кластер элитных объектов (или «нобелка каста» по терминологии Б. И. Кудрина) в любом из приведенных графических ГРР составляет меньшинство – 20–30%. Такая асимметрия заложена во всей природе от микро- до мегауровня, технике, экономике, социуме, в том числе в сфере образования. Это универсальный закон. Если рейтинг баллов или других параметров в РР убывает линейно, то число лучших, средних и слабых объектов РР составляет – по 1/3 (то есть поровну) в каждом кластере. При этом на каждые 20% объектов приходится 20% ресурсов, на каждые 30% объектов – 30% ресурсов и так далее (то есть реализуется принцип баланса 50/50, что видно из рис. 1б). Наличие РР в виде списка не дает информации о характере убывания. Только графическое изображение РР и его аппроксимация дает знание о характере реального рангового убывания.

Графики H -распределений перестраивались в двойном логарифмическом масштабе, в котором гипербола преобразуется в прямую линию также

с высокой степенью аппроксимации $R = 0,8–0,9$ и выше (спрямленные графики не приводятся).

Выявленный характер фрактальной самоорганизации образовательных объектов соответствует ценологическому принципу организации РР в ценозы на всех иерархических масштабных уровнях.

2. Примеры сравнения парных выборок ГРР методом Пирсона

Для пары ГРР, изображенных на рис. 2а, 1-й уровень и на рисунке 2б, 1-й уровень коэффициент Пирсона P равен 0,956.

Для пары ГРР на рис. 4б, 3-й уровень и рис. 5а, 4-й уровень, $P = 0,990$.

Для пары ГРР на рис. 2а, 1-й уровень и рис. 4а, 3-й уровень, $P = 0,796$.

Для пары ГРР на рис. 5а, 4-й уровень и рис. 6б, 5-й уровень, $P = 0,980$.

Для всех рассмотренных в исследовании пар H -распределений образовательных сообществ коэффициенты Пирсона имеют высокие значения, близкие к 0,9. Высокие значения коэффициентов Пирсона для парных выборок объектов с разных масштабных уровней свидетельствует о фрактальном характере самоорганизации ценологических образовательных сообществ.

Вышесказанное обобщает и иллюстрирует уровневая иерархическая модель самоорганизации объектов в области образования (рис. 7).

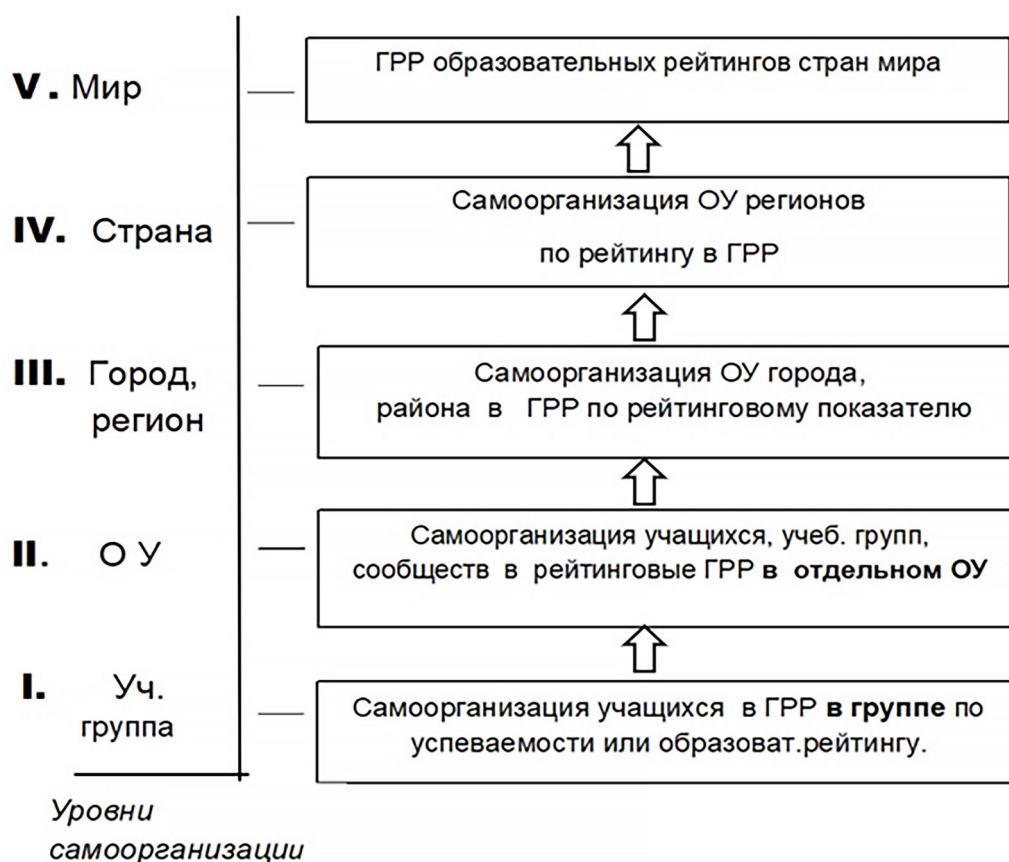


Рис. 7. Модель-схема, отражающая фрактальную самоорганизацию образовательных объектов в ГРР на пяти иерархических уровнях

Fig. 7. The model is a diagram reflecting the fractal self-organization of educational facilities in the HRD at five hierarchical levels

Однако на вопрос: *почему образовательные объекты самоорганизуются именно в ценозы* на всех иерархических уровнях — ответа пока нет. Биоценозы, космические ценозы формируются без участия человека, хотя и здесь механизм их образования не ясен. На этот счет существуют лишь гипотезы [17]. Но он также неясен в формировании *H*-распределений в социальных сферах с участием человека. К примеру, школы, вузы в нашей стране организовывались на протяжении десятков лет независимо друг от друга в разных городах, регионах в разное время. Никто из организаторов даже не предполагал, что при этом формируются *H*-распределения ОУ. Присутствие воли человека не изменяет механизм самоорганизации объектов в ценозы.

Обсуждение результатов. От эмпирического принципа 80/20 до закона гиперболического рангового распределения. Согласно положениям методологии науки новые знания добываются с помощью двух подходов: *эмпирического и теоретического*. Они же являются уровнями деятельности ученых. На первом совершается накопление, закрепление, классификация исходных данных —

фактов, на втором происходит обобщение фактов, достижений — возникают теории, законы. Важность эмпирического этапа в том, что он является исходным уровнем научного познания, обеспечивающим построение теоретического знания. Возникшая теория, как правило, включает частные факты эмпирического этапа. Так было и в случае появления ценологической теории.

Предшественником закона гиперболического РР (1) объектов в ценозе является эмпирический закон (принцип) несбалансированности 80/20, открытый Парето более 100 лет назад на основе наблюдений [18–20]. Парето описал этот феномен, обнаружив, что в разных странах мира наиболее состоятельным 20–25% населения принадлежит большая часть богатства. В современной трактовке Принцип 80/20 утверждает, что *диспропорция является неотъемлемым свойством системы*. Соотношение в дисбалансе может составлять 70/30, 85/15, 95/5, 90/10 или 99/1 или принимать другие значения. Такой дисбаланс отражает гипербола — с увеличением диспропорции увеличивается крутизна гиперболы *b*. Схема 80/20 позволяет про-

гнозировать характер неравенства элементов неизвестной исследуемой системы, поэтому Парето назвал ее «*предсказуемым несоответствием*».

Так же в других областях человеческой деятельности. В двигателе внутреннего сгорания автомобиля 80% энергии бесполезно теряется, а на полезную работу – колесам передается лишь 20% всей энергии. Другой пример, приводимый Б.И. Кудриным: 20% крупных электростанций вырабатывают 80% электроэнергии страны («*ноева каста*»), остальные 80% – более мелкие электростанции («*саранчевая каста*») вырабатывают 20% энергии [2].

Принцип Парето позже подтвердили и развили Джордж К. Зипф (Ципф) и Иосиф М. Юран. К. Зипф в 1949 г. сформулировал *принцип наименьшего усилия*, который гласит, что ресурсы (люди, товары, время, знания или любой другой источник продукта) *самоорганизуются* так, чтобы свести к минимуму затраченную работу, при этом приблизительно 20–30% любого ресурса производят 70–80% деятельности, связанной с этим ресурсом [21] или 20% усилий дают 80% результата, а остальные 80% усилий – лишь 20% результата. Эту модель дисбаланса Зипф доказывал, рассматривая частоту употребления слов в тексте, статистику народонаселения и промышленности. Неверно считать, что все факторы имеют одинаковое значение или все работники одинаково ценны, что затраты в 100% дадут 100%-ный результат, а 50% истраченных усилий дадут 50%-ный результат. Соотношение 50/50 является вредным заблуждением, не соответствующим реальности. Принцип баланса 50/50 графически реализуется в линейной убывающей зависимости (рис. 1б).

В 1951 г. И. М. Юран применил принцип 80/20 к сфере распределения качества продукции [22]. Он обнаружил, что лишь малая доля ресурсов суперпродуктивна (не более 20%), остальная часть ресурсов – «*заурядное большинство*» («*заурядная масса*») – малопродуктивна или вообще убыточна. Эффективные ресурсы, составляющие 20%, он назвал «*немногим, имеющим решающее значение*». Следуя логике Юрана, во всем необходимо поддерживать элитное меньшинство, от которого есть толк и не тратить неоправданные сверхусилия на «*заурядное большинство*». Важная задача – найти грань между «*немногим решающим*» и «*заурядной массой*» и принять правильные управленческие решения, чтобы существенно приумножить то, что имеет ценность [17]. По концепции выдающегося просветителя-философа XX века А. А. Любичева, актив нации, или *элита* – ведущая часть общества – совокупность генетически и идеологически наиболее полноценных его членов, играет ведущую роль в прогрессивном развитии той или иной нации или всего человечества: если элита вырождается или исчезает, нация всту-

пает на путь стагнации или упадка [23; 24]. Любичев называет «наиболее полезный для развития цивилизации актив: ученые, философы, основатели религиозных течений» [23, с. 36–37]. Миссией системы образования РФ является формирование будущей высокопрофессиональной интеллектуальной элиты России.

Задача определения грани между элитными 20% и среднестатистическим 80% большинством («*заурядной массой*»), по И. М. Юрану или по Б. И. Кудрину – «*саранчевой кастой*») легко решается с помощью закона ГРР (1) построением ГРР. В этом состоит *научная ценность и методологическая значимость закона ГРР (1)*. В свете вышесказанного принцип Парето (Зипфа, Юрана) 80/20 является следствием ценологического закона ГРР (1).

Выводы

1. Выявленный характер фрактальной самоорганизации образовательных объектов соответствует ценологическому типу на всех иерархических масштабных уровнях.

2. Результаты сравнительного анализа парных выборок параметров (показателей рейтингов ОУ, баллов ЕГЭ и др.) образовательных объектов с 2 разных иерархических уровней методом Пирсона показали высокую степень близости этих выборок (коэффициент Пирсона равен 0,8–0,9 и более), что свидетельствует о ценологическом фрактальном характере самоорганизации образовательных сообществ на всех уровнях.

3. Представлена иерархическая модель-схема, отражающая фрактальную самоорганизацию образовательных объектов в ГРР на пяти масштабных уровнях: от рейтинга в учебной группе до рейтинга ОУ стран мира. На примерах проиллюстрирована *ценологическая фрактальность образовательных систем*, выраженная в самоорганизации образовательных объектов на разных иерархических уровнях *не по геометрическому, а по ценологическому принципу*.

4. Однако не выяснен механизм самоорганизации: почему образовательные объекты самоорганизуются именно в ценозы на всех иерархических уровнях. Это отдельная задача, требующая решения.

5. Исследования Парето, Зипфа, Юрана и полученные ими результаты в виде сформулированного принципа 80/20 – эмпирические предпосылки открытия закона ГРР, который лег в основу нового научного направления – *ценологии*. Изложенное в статье обоснование фрактальной самоорганизации образовательных объектов на пяти иерархических уровнях является ценным вкладом в теорию и практику ценологического научного направления и в образование в целом.

6. Открытый Б. И. Кудриным закон ГРР (1) объясняет принцип Парето и позволяет определять границу между 20% элитных образцов и 80%

объектов, составляющих среднестатистическое большинство, в том числе в сфере образования. Соответственно, принцип 80/20 является логическим следствием закона ГРР (1).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кудрин Б. И. Введение в технетику. Томск: Изд-во Томского гос. ун-та, 1991. 384 с.
2. Кудрин Б. И. Техногенная самоорганизация. Для технариев электрики и философов. Вып. 25. «Ценологические исследования». М.: Центр системных исследований, 2004. 248 с.
3. Гнатюк В. И. Оптимальное построение техноценозов. Теория и практика. // Вып. 9. «Ценологические исследования». М.: Центр системных исследований, 1999. 272 с.
4. Хакен Г. Синергетика. М.: Изд-во «Мир», 1980. 404 с.
5. Гурина Р. В. Ценологический принцип самоорганизации космической материи: Бог не играет в кости // Физическое образование в вузах, 2021. Т. 2. №2. С.13–27.
6. Гурина Р. В. Ценологические исследования педагогических образовательных систем // Ползуновский вестник. 2004. №3. С.133–138.
7. Гурина Р. В. Ранговый анализ образовательных систем (ценологический подход): методические рекомендации для работников образования / «Ценологические исследования». Вып.32. М.: Технетики, 2006, 40 с.
8. Гурина Р. В., Евсеев Д. А. Ранговый анализ, или ценологический подход, в методологии прикладных исследований. (Монография). Ульяновск.: УлГУ, 2018, 287 с.
9. Гурина Р. В. О включении ценологических знаний в содержание образования // Проф. образование в современном мире. 2017. Т. 7. №3 С. 1246–1252.
10. Гурина Р. В. Проблемы формирования у студентов ценологических знаний и представлений как составляющих научной картины мира // Учёные записки ЗабГУ. 2017. Том 12, №6. С.74–79.
11. Гурина Р. В. Морозова Е. В. Ценология – учение о ценозах разной природы // Образовательные технологии. 2020, №1 С.40–49.
12. Гурина Р. В., Морозова Е. В., Кошева В. В. Ранговый анализ в оценке валидности олимпиадных заданий // Профессиональное образование в современном мире, 2020, т. 10. №4. С. 4302–4309.
13. Гурина Р. В., Леонтьева Л. Н., Кошева В. В. Метод графического рангового анализа в исследовании рейтингов образовательных учреждений // Профессиональное образование в современном мире. 2022, т. 12. №2. С. 211–220.
14. Гурина Р. В. Метод рангового анализа и закон разнообразия в педагогике // Педагогический журнал Башкортостана, 2013, №3–4. С.111–122.
15. Мандельброт Б. Фрактальная геометрия природы. Москва-Ижевск: 2002. 656 с.
16. Сидоренко Е. В. Методы математической обработки в психологии. СПб.: ООО «Речь». 2002. 350 с.
17. Седов Е. А. Вселенная как самоорганизующаяся кибернетическая система // Электронный ресурс <http://omdp.narod.ru>gip/vsks.htm>.
18. Кох Р. Закон Парето или принцип 80/20 // Общая и прикладная ценология. 2007. №4. С.76–79.
19. Кох Р. Принцип 80/20 / [пер. с англ. О. Епимахова]. Москва: Эксмо, 2012. 443, [1] с.
20. Кох Р. Революция качества и принцип 80/20 //Электронный ресурс quality.eup.ru/MATERIALY8/rev_tqm_80-20.htm. <https://www.livelib.ru/book/58227/readpart-zhizn-po-printsipu-8020-richard-koh/~37>
21. Zipf J. K. Human behaviour and the principle of least effort. Cambridge (Mass.): Addison-Wesley Pres, 1949, XI. 574 p.
22. Juran J. M. Quality Control Handbook, New York: McGraw-Hill, 750 p.
23. Любищев А. А. Расцвет и упадок цивилизаций (Предварительный набросок) / Ульяновск; Самара: Рус. Лицей. 1993. 131с.
24. Любищев А. А. Линии Демокрита и Платона в истории культуры; сост. и ред. Б. И. Кудрин. М.: Электрика, 1997. 408 с.

REFERENCES

1. Kudrin B. I. Introduction to Technetics. Tomsk: Publishing house of Tomsk State University, 1991. 384 p. (In Russ).
2. Kudrin B. I. Technogenic Self-organization. For Electrical Engineers and Philosophers. Issue 25. «Cenological Studies». Moscow: Center for Systems Research, 2004. 248 p. (In Russ).
3. Gnatyuk V. I. Optimal Construction of Technocenoses. Theory and Practice. Issue 9. «Cenological Studies». Moscow: Center for Systems Research, 1999. 272 p. (In Russ).
4. Haken G. Synergetics. Moscow: Publishing house «Mir», 1980. 404 p. (In Russ).
5. Gurina R. V. Cenological Principle of Self-organization of Cosmic Matter: God Doesn't Play Dice// Physical Education in Universities, 2021. Vol. 27. No. 2. P. 13–27. (In Russ).

6. Gurina R.V. Cenological Studies of Pedagogical Educational Systems// Polzunov Bulletin, 2004. No. 3. P. 133–138. (In Russ).
7. Gurina R.V. Rank Analysis of Educational Systems (Cenological Approach): Methodological Recommendations for Education Workers / «Cenological Studies». Issue 32. Moscow: Technetika, 2006, 40 p. (In Russ).
8. Gurina R.V., Evseev D.A. Rank Analysis, or Cenological Approach, in the Methodology of Applied Research (Monograph). Ulyanovsk: USU, 2018, 287 p. (In Russ).
9. Gurina R.V. On the Inclusion of Cenological Knowledge in Education Content// Professional Education in the Modern World, 2017. Vol. 7. No. 3 P. 1246–1252. (In Russ).
10. Gurina R.V. Problems of Forming Cenological Knowledge and Representations in Students as Components of the Scientific Worldview// Scientific Notes of ZabGU, 2017, Vol. 12, No. 6 P.74–79. (In Russ).
11. Gurina R.V., Morozova E.V. Cenology – the Science of Cenoses of Different Nature// Educational Technologies, 2020, No.1 P.40–49 (In Russ).
12. Gurina R.V., Morozova E.V., Kosheva V.V. Rank Analysis in Assessing the Validity of Olympiad Tasks// Professional Education in the Modern World, 2020, Vol. 10, No. 4 P.4302–4309. (In Russ).
13. Gurina R.V., Leontyeva L.N., Kosheva V.V. Method of Graphical Rank Analysis in the Study of Ratings of Educational Institutions// Professional Education in the Modern World? 2022, Vol. 12, No.2 P.211–220. (In Russ).
14. Gurina R.V. Rank Analysis Method and the Law of Diversity in Pedagogy// Pedagogical Journal of Bashkortostan, 2013, No. 3–4 P.111–122. (In Russ).
15. Mandelbrot B. Fractal Geometry of Nature. Moscow-Izhevsk: 2002. 656 p. (In Russ).
16. Sidorneko E.V. Methods of Mathematical Processing in Psychology. St. Petersburg: LLC «Rech», 2002. 350 p. (In Russ).
17. Sedov E.A. The Universe as a Self-organizing Cybernetic System // Electronic resource <http://omdp.narod.ru/gip/vsks.htm>. (In Russ).
18. Pareto's Law or the 80/20 Principle // General and Applied Cenology, 2007, No.4 P.76–79 (In Russ).
19. Ko R. The 80/20 Principle [translated from English by O. Epimakhova]. Moscow: Exmo, 2012, 443, [1] p. (In Russ).
20. Ko R. Quality Revolution and the 80/20 Principle // Electronic resource quality.eup.ru/MATERIALY8/rev_tqm_80-20.htm<https://www.livelib.ru/book/58227/readpart-zhizn-po-printsipu-8020-richard-koh/> 37). (In Russ).
21. Zipf, G.K. Human Behavior and the Principle of Least Effort. Cambridge (Mass): Addison-Wesley Pres, 1949, XI, 574 p. (In Russ).
22. Juran J.M. Quality Control Handbook, New York: McGraw-Hill, 750 p. (In Russ)
23. Lyubischev A.A. The Rise and Fall of Civilizations (Preliminary Sketch) / Ulyanovsk; Samara: Rus.Lyceum, 1993, 131 p. (In Russ).
24. Lyubischev, A.A. The Lines of Democritus and Plato in the History of Culture; compiled and edited by B. I. Kudrin. Moscow: Elektriya, 1997, 408 p. (In Russ).

Информация об авторах

Гурина Роза Викторовна – доктор педагогических наук, доцент, профессор кафедры физических методов в прикладных исследованиях, инженерно-физический факультет высоких технологий, Ульяновский государственный университет (Российская Федерация, 432000, г. Ульяновск, ул. Льва Толстого, д. 42, e-mail: roza-gurina@yandex.ru).

Лизяева Вилена Вячеславовна – преподаватель-исследователь кафедры физического материаловедения, инженерно-физический факультет высоких технологий, Ульяновский государственный университет (Российская Федерация, 432000, г. Ульяновск, ул. Льва Толстого, д. 42, e-mail: vilenabedash@yandex.ru).

Статья поступила в редакцию 29.02.2024

После доработки 09.04.2024

Принята к публикации 19.04.2024

Information about the authors

Roza V. Gurina – doctor of pedagogical sciences, professor of the department of physical methods in applied research, faculty of engineering and physics of high technologies, Ulyanovsk State University (42 L. Tolstogo Str., Ulyanovsk, 432000, Russian Federation, e-mail: roza-gurina@yandex.ru).

Vilena V. Lizyaeva – teacher-researcher, department of physical materials science, faculty of engineering and physics of high technologies, Ulyanovsk State University (42 L. Tolstogo Str., Ulyanovsk, 432000, Russian Federation, e-mail: vilenabedash@yandex.ru).

The paper was submitted 29.02.2024

Received after reworking 09.04.2024

Accepted for publication 19.04.2024