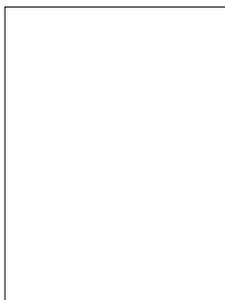


РАНГОВЫЙ АНАЛИЗ, ИЛИ ЦЕНОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД В ОБРАЗОВАНИИ



Роза Гурина,
доцент Ульяновского
государственного
университета,
кандидат
педагогических
наук

Педагогам и организаторам образования постоянно приходится сталкиваться с оценением деятельности учащихся, учителей, классов, школ, коллективов в форме набранной ими суммы баллов (очков) и распределением их по степени убывания этой суммы, то есть ранжированием. Результаты ранжирования чаще всего регистрируются в табулированном виде (рейтинговые таблицы), которые позволяют выявить лучших, средних и отстающих. Лучшие есть в любой учебной группе (школьных классах, спортивных секциях, художественных коллективах и других сообществах). Это победители предметных олимпиад в классах; призёры выставок художественного или технического творчества, спортивных соревнований и т.п. При этом участников соревнований, олимпиад, выставок много, а победителей мало. Однако признавать существование этого факта недостаточно. Важно понять: как, по какому закону распределяются элементы системы по выделяемому признаку в результате ранжирования? Сколько лучших, сколько худших элементов должно входить в состав системы, чтобы она устойчиво функционировала? И существует ли вообще такая зависимость? На этот вопрос табулированная форма ранжирования не отвечает. Между тем повсеместное использование ранжирования в педагогических системах прямо указывает на объективную необходимость этой процедуры для управления процессами в образовательных системах.

Структурная устойчивость конкретного класса объектов физической, биологической, экологической, технической, информационной, экономической реальностей определяется неизбежностью разнообразия «крупное — среднее — мелкое» и подтверждается **гиперболическим законом рангового распределения (или *H*-распределением)** объектов реальности¹. Например, теория рангового анализа для технической реальности, созданная профессором МЭИ Б.И. Кудриным и его школой, активно используется для оптимизации технических систем более 30 лет. Впервые гиперболический закон рангового распределения был открыт в биологии для биоценозов. Термин «биоценоз» (биологическое сообщество) был введён Мёбиусом (1877) и лёг в основу экологии. Б.И. Кудрин перенёс понятия «ценоз», «особь», «популяция», «вид» из биологии в технику: в технике «особи» — отдельные технические изделия, технические параметры, а многочисленную совокупность технических изделий или их параметров называют «техноценозом»².

В настоящее время существует отрасль науки — общая и прикладная ценология, изучающая ценозы в различных областях знаний. В ценологической теории под **ранговым *H*-распределением $W(r)$** понимается гиперболическое распределение, полученное в результате ранжирования значений параметра W , поставленных соответственно

¹ 1. Кудрин Б.И. Введение в технетику. 2-е изд., перераб., доп. Томск: ТГУ, 1993; Гнатюк В.И. Оптимальное построение техноценозов. Теория и практика. М.: Центр системных исследований, 1999. Чирков Ю. Дарвин в мире машин. М., 1999; Рябко Б.Я., Кудрин Б.И., Завалишин Н.Н., Кудрин А.И. Модель формирования статистической структуры биоценозов. Известия Сиб. отделения АН СССР. Серия биол. наук. Вып. 1. 1978; Одум Ю. Основы экологии. М.: Мир, 1975.

² Кудрин Б.И. Введение в технетику. 2-е изд., перераб., доп. Томск: ТГУ, 1993.



рангу $г$ ($г = 1, 2, 3 \dots$). Ранжируемые элементы системы (или объекты ранжирования) называются *особями*, а совокупность особей — *ценозом*. Количество особей в ценозе — **мощность популяции**.

Справедлив ли этот закон для педагогических систем?

Является ли педагогическая система ценозом?

Многочисленные графические построения ранговых экспериментальных распределений: успеваемости учащихся в классе, рейтинга участников олимпиад, участников всероссийских тестирований 2002–2007 гг. и т.д. (около 150 распределений) свидетельствуют, что такие ранговые распределения подчиняются классическому гиперболическому закону, математическое выражение которого имеет вид:

$$W = \frac{A}{r^\beta},$$

где W — параметр, по которому ранжируются особи (рейтинг успеваемости, тестирования в баллах и т.д.), $г$ — ранговый номер особи ($г = 1, 2, 3, \dots$), A — максимальное значение параметра W элемента с рангом $г = 1$, т.е. в первой точке (лучшая особь); β — ранговый коэффициент, характеризующий степень крутизны кривой распределения: чем больше β , тем больше крутизна гиперболы (как правило, $0,5 \leq \beta \leq 1,5$). Графический вид зависимости (1) представлен на рис. 1.

Ценологический подход в образовании означает учёт закона рангового распределения в педагогических системах³. Если закон выполняется, значит, образовательная система устойчива и стабильна. Понятийный аппарат рангового анализа можно использовать и для педагогических систем. По аналогии совокупность социальных особей образовательной сис-

темы (учащиеся, классы, образовательные учреждения и т.д.) называется *педагогическим социоценозом*. Каждая особь — это структурная единица ценоза. Особью педагогического социоценоза может быть любая структурная единица педагогической сферы. Например, класс, учебная группа — это социоценоз, состоящий из особей — учащихся. Школа — это тоже социоценоз, состоящий из особей — отдельных структурных единиц — классов. Совокупность школ региона (страны) — это ценоз более крупного масштаба, где структурной единицей считается школа.

Знание закона рангового распределения особей в коллективе необходимо для управления образовательными процессами и их прогнозирования.

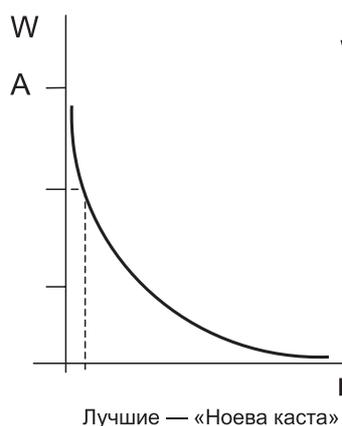


Рис. 1. График типичного гиперболического рангового

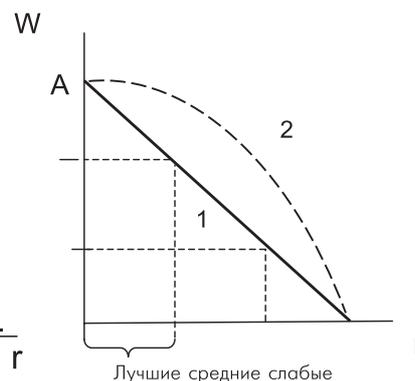


Рис. 2. Нетипичное убывание параметра особей с ростом ранга: 1 — линейное; 2 — параболическое.

Наличие табулированного рангового распределения не даёт информации о характере убывания: оно может происходить по любому другому закону, например линейному (рис. 2, график 1) или параболическому (рис. 2, кривая 2). Только графическое изображение табличных данных рангового распределения и приведение их описания к математической зависимости (аппроксимация)

³ Гурина Р.В. Ранговый анализ образовательных систем (ценологический подход). Методические рекомендации для работников образования. Вып. 32. «Ценологические исследования». М.: Технетика, 2006.



обеспечивают наглядность и научный уровень представления знания о характере рангового убывания. Закон (1) объясняет тот факт, что лучших особей в любом ценозе мало — не более 20% (в среднем около 10%, т.е. от долей процента до 20% — это зависит от крутизны кривой распределения — коэффициента). Совокупность лучших особей ценоза составляет «Ноеву касту». Основной же «вес» в систематике гиперболического распределения принадлежит среднестатистическому большинству, или «саранчёвой касте». Если бы убывание шло линейно (рис. 2, график 1),

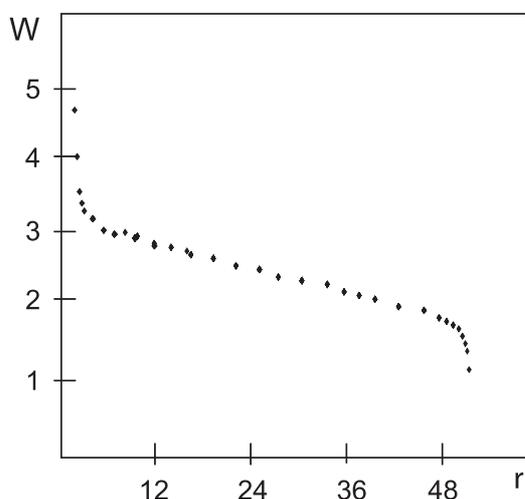


Рис. 3. График реального рангового распределения учащихся двух десятых физико-математических классов Лицея физики, математики и информатики № 40 при УлГУ по успеваемости по физике в конце первого полугодия (без аппроксимации)

то число лучших, средних и слабых было бы равным — по 1/3 в каждой категории. Но в жизни не так, и этот факт иллюстрирует гиперболическая зависимость.

Методики построения ранговых распределений и их последующее использование в целях оптимизации системы составляют основной смысл рангового анализа (ценологического подхода).

Что даёт знание закона рангового распределения для образовательных систем?

Приведём несколько примеров того, как может быть использован закон рангового распределения в педагогике⁴.

1. *Оптимизация учебно-воспитательного процесса.* Реальное распределение отличается от идеальной гиперболы. Отклонения реальной ранговой кривой (построенной для конкретной системы) от идеальной гиперболы выражаются в наличии у неё «горбов», «впадин», «изломов», «хвостов» и точек, выпадающих из графика. Процедура оптимизации заключается в следующем. Необходимо найти методы и средства, указывающие, что нужно сделать в этой системе, чтобы убрать аномалии и чтобы точки реальной кривой легли на идеальную, то есть устранить аномальные отклонения в ранговом распределении («хвосты», «горбы», «впадины»).

Пример реального рангового распределения аттестации по физике учащихся двух десятых физико-математических классов Лицея физики, математики и информатики при Ульяновском государственном университете за первое полугодие 2005 г. приведён на рис. 3. Реальная кривая рангового распределения имеет типичный «хвост». «Завал хвоста» гиперболы свидетельствует, что система находится в неустойчивом состоянии, учащиеся с соответствующими «завалу» ранговыми номерами плохо прошли аттестацию. Необходима оптимизация ценоза для повышения устойчивости системы. Графически это выражается тем, что точки должны лежать на гиперболе.

Оптимизация любого ценоза, в том числе педагогического, осуществляется двумя путями: 1) *номенклатурная оптимизация* — целенаправленное изменение состава ценоза (отсев слабых особей — отчисление неуспевающих);

⁴ 6. Гурина Р.В. Ранговый анализ образовательных систем (ценологический подход). Методические рекомендации для работников образования. Вып. 32. «Ценологические исследования». М.: Технетика, 2006.



2) *параметрическая оптимизация* — целенаправленное улучшение параметров отдельных особей (в случае кривой на рис. 3 — устранить «хвост» гиперболы означает улучшить уровень учебной подготовки слабых учащихся).

Закон рангового распределения играет особую роль в лицейских классах при вузах и профильных классах школ. Профильные классы живут и функционируют в условиях жёсткой ранговой системы: постоянного ранжирования по текущей успеваемости, успешности участия в олимпиадах разного уровня, рейтингового оценивания (тестирование, конкурсы), подготовки и участия в централизованном компьютерном тестировании. В таких классах есть особо одарённые учащиеся — победители творческих конкурсов, олимпиад (будущая профессиональная элита), учащиеся со средними способностями (их большинство) и ученики со способностями ниже средних (как правило, они относятся к категории слабоуспевающих). В классах, где набор проводился по конкурсу, происходит обязательный отсев неуспевающих (номенклатурная оптимизация) или тех учащихся, кто неверно выбрал образовательную траекторию. Неуспевающий ученик из профильного класса может перейти в другую ранговую систему, например, в общеобразовательный класс, где он может попасть в число лучших («ноеву касту»). Иерархия ранговых систем — школьных классов отражает их уровневую дифференциацию. Закон рангового распределения позволяет определить направление оптимизации учебно-воспитательного процесса педагогической системы (класса, группы, школы), обосновывает закономерности функционирования профильного класса как ранговой системы: отсев неуспевающих, ограниченное число олимпиадников, медалистов и большинство среднеуспевающих. Сколько учащихся и кого именно отчислять? Скольким слабым учащимся и кому именно следует дать шанс остаться в классе и помочь «подтянуть» успевае-

мость? На языке ценологической теории нужно произвести номенклатурную и параметрическую оптимизацию ценоза (класса). Для этого необходимо провести реальное ранговое распределение особей и аппроксимацию — построение теоретической кривой с помощью компьютерных программ, так как из табулированного рейтингового распределения учащихся по успеваемости невозможно определить функциональный характер убывания, и он не показывает аномалий.

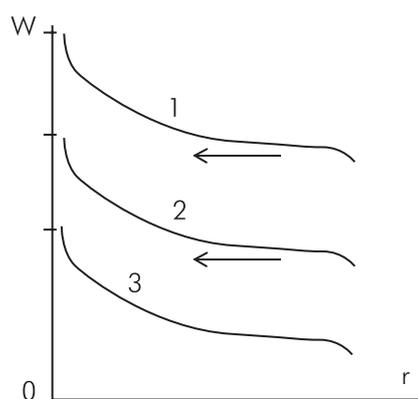


Рис. 4. Иерархия ранговых систем (классов) в школе:

1 — лицейский или профильный класс, входящий в сетевую инфраструктуру вуза; 2 — школьный профильный класс; 3 — общеобразовательный класс. Стрелками показаны переходы учащихся из одной ранговой системы в другую. W — успеваемость, r — ранговый номер ученика

Номенклатурная оптимизация педагогического ценоза может проходить менее болезненно, если:

- учащиеся и родители имеют представление о законе рангового распределения;
- неуспевающий ученик из профильного класса переходит в другую ранговую систему с более низким уровнем изучения предмета, например, в общеобразовательный класс (рис. 4) и там попадает в «ноеву» касту (лучших), то есть становится успешным. Иерархия ранговых систем отражает уровневую дифференциацию классов общеобразовательных школ.

Таким образом, закон рангового распределения позволяет определить

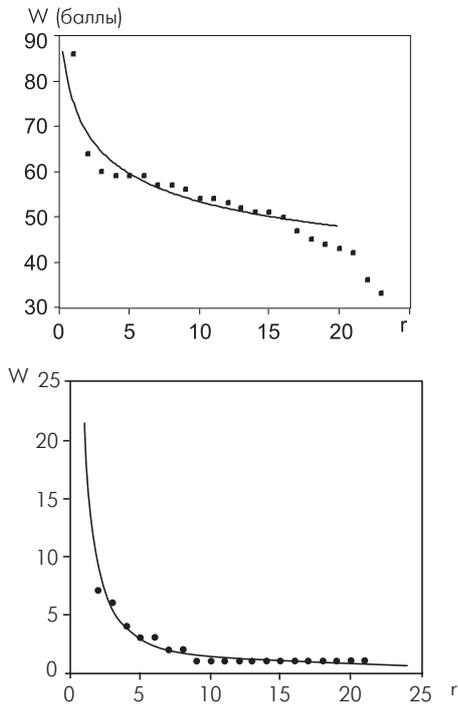


Рис. 5. Графики ранговых распределений:
а) рейтинг в баллах $W(r)$ олимпиадных работ по физике учащихся Железнодорожного района г. Ульяновска (10-е классы). Число участников — 21. r — ранговый номер учащегося (параметры аппроксимированной кривой $A = 21$, $\beta = 1,1$). Задания олимпиады валидны и надёжны.
б) рейтинг в баллах W школьников — участников централизованного компьютерного тестирования по информатике 29 марта 2003 г. с аппроксимацией: $A = 87$, $\beta = 0,26$; валидность теста удовлетворительная — на графике «впадина» и «хвост».

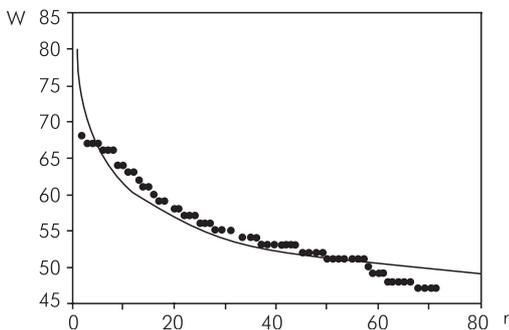


Рис. 6. График рангового распределения рейтинга в баллах $W(r)$ участников олимпиады УлГУ по математике 20 марта 2003 года с аппроксимацией ($A = 79$, $\beta = 0,5$)

направление оптимизации учебно-воспитательного процесса любой педагогической системы (класса, группы, школы и т.д.). Ценологический подход позволяет осуществлять оптимизацию образовательного процесса на научной основе и формировать среду здоровой конкуренции в учебно-профессиональной деятельности учащихся.

2. *Применение рангового анализа для проверки валидности контрольно-измерительных материалов (тестов, олимпиадных заданий, опросников и т.д.).* В этом случае в качестве параметра W рассматривается рейтинг в баллах учащихся, выполнивших тест, контрольную или олимпиадную работу, r — ранговый номер учащегося в порядке убывания рейтинга. Если тест валидный и правильно организовано тестирование (нет списываний и проч.), то распределение $W(r)$ должно представлять гиперболическую зависимость вида (1). Первый ранг присваивался учащемуся, имеющему максимальный балл по данному предмету. На графиках 5–6 приведены примеры графиков рангового распределения рейтинга (в баллах) участников тестирований и олимпиад с аппроксимацией. Здесь реальные кривые близки к идеальным: задания валидны. Валидность заданий хорошая.

Если тестовые задания слишком трудные и учащиеся не справились с ними, то график рангового распределения будет близок к прямой, параллельной оси X (оси рангов) и лежащей близко к ней. Если же тестовое задание слишком лёгкое и все успешно справились с ним (не исключено, что этот хороший результат обусловлен списыванием), то график будет близок к прямой, параллельной оси X , лежащей высоко, на уровне максимальных оценочных баллов за тест (рис. 7).

Таким образом, валидность и надёжность тестовых (контрольных) заданий, а также качество проверки можно оценить с помощью закона рангового распределения. Искажения в валидности и надёжности тестовых заданий отразятся на форме гиперболической кривой рангового распределения тестируемых учащихся по оценочным баллам (выпадение точек из теоретической аппроксимированной кривой, «горбы», «хвосты», «изломы»).

Правильно составленные и правильно проверенные олимпиадные, тестовые и контрольные задания приводят к результатам, которые адекватно отражаются законом рангового распределения. Совпадение реальных и идеальных кривых свидетельствует о валидности теста.

3. *Прогнозирование.* Ранговый анализ позволяет прогнозировать результаты обучения. Например, в выпускном классе по закону рангового распределения должно быть в среднем 10% медалистов. Если их больше, уверенно скажем: часть медалистов — «дутые». Практика показывает: около 50% медалистов, поступающих в Ульяновский госуниверситет, не подтверждают свои медали.

4. *Ценологическое мышление.* Осознание учащимися закона рангового распределения формирует ценологическое мышление. Учащиеся понимают, что они не одинаковые, что живут



и учатся в ранговой системе, что в коллективе есть лучшие, хорошисты, слабые. И те, и другие, и третьи составляют систему, и если эта система подчинена гиперболической зависимости, то это её нормальное состояние и система устойчива. Наличие слабых особей — необходимость. Феномен изгоев исчезает: слабое звено необходимо, оно, как и другие звенья, стабилизирует систему. К слабым относятся бережно. Осознание этого феномена составляет основу ценологического мышления. Знание закона рангового распределения мотивирует и побуждает к действию: учащиеся осознают, что возможно движение как вверх, так и вниз по ранговой кривой и необходимо двигаться вверх. У учащегося всегда есть стремление быть первым среди других хоть в чём-то. Задача учителей — найти для каждого учащегося то распределение, в котором он будет в числе лучших (учёба, спорт, художественная самодеятельность, хозяйственная деятельность, личные качества и т.д.).

Следствием закона рангового распределения является принцип 80/20, или закон Парето⁵. Мы привыкли думать, что 50% ресурсов, вложенных в дело, дадут 50% результатов (конечного продукта), а затраты 100% дадут стопроцентный результат. Однако это заблуждение. Ещё В. Парето (1848–1923) открыл принцип 80/20 (его называют принципом наименьшего усилия, принципом дисбаланса), согласно которому небольшая доля вкладываемых средств (усилий) — 20% отвечает за большую долю — 80% результатов (получаемой продукции или заработанного вознаграждения). В соответствии с принципом 80/20 диспропорция — неотъемлемое свойство системы. Например, в бизнесе 20% ассортимента ходовой продукции даёт 80% дохода; 20% преступников совершают 80% преступлений; в авиакомпании 20% самолётов перевозят 80% грузов; лишь 20% детей используют 80% возможностей, представляемой системой

образования в данной стране и т.д.

К сожалению, этот принцип до сих пор плохо учитывается в педагогике. Ждать, что 100% учащихся поймут новый материал, объясняемый учителем, — заблуждение. Если учитель при этом «выложился» и всего 20% учащихся поняли 80% объясняемого материала, это хороший результат. При планировании конкретного объёма работы (например, при написании квалификационных работ) надо учитывать, что на доскональное выполнение всех 100% будет затрачено неоправданно много времени. Стоит

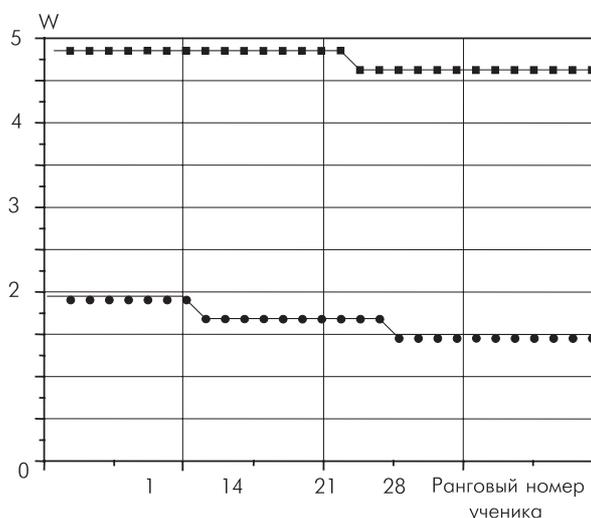


Рис. 7. Графики рейтингового распределения W (г) учащихся 11 «В» ФМК, отражающие результаты тестирования по невалидным тестам: 1 — тест по математике слишком сложный — никто не справился; 2 — тест по физике (контрольная работа) слишком простой.

остановиться, когда работа выполнена на 80%, — это уже соответствует высокому стандарту, а выполнение оставшихся 20% отнимет у вас гораздо больше времени, чем стоит затратить. Советская система образования основывалась на идее всеобщего равенства учащихся. В стремлении выучить всех до определённого стандарта огромные усилия учителей тратились на работу с отстающими. Принцип баланса 50/50 (сколько затратил — столько получил) — неверен. Понимание

⁵ Кох Р. Закон Парето или принцип 80/20 // Общая и прикладная ценология. 2007. №4. С.78–79.



8. Гурина Р.В., Ланин А.А. Ценологические исследования космических объектов // Тр. Международного форума по проблемам науки, техники и образования. Т. 3 / Под ред. В.П. Савиных, В.В. Вишневого. М.: Академия наук о Земле, 2004. С. 6–8.

и использование принципа 80/20 дают реальное представление об окружающем мире и свидетельствуют о наличии ценологического мышления.

У ценозов свои законы. В любом классе, в каждой школе есть «отличники» и «двоечники». Но если собрать всех «отличников» в один класс, то спустя время в нём появятся свои «двоечники», если ещё и ещё раз отберём — всё повторится. К примеру, в профильные лицейские физико-математические классы при УлГУ производится конкурсный отбор, при этом средний балл аттестата за основную школу — 4,5. В конце 1-го полугодия в классах возникает ранговая система с «отличниками» и «двоечниками». В вузы с тщательным конкурсным отбором попадают лучшие из лучших, но и здесь к началу второго семестра появляется ранговая система с успешными студентами и отстающими «хвостистами». Это закон. Так в социуме, так в природе, так в технике. Причём нигде нельзя обойтись без «двоечников» и без «отличников», без плохой продукции и хорошей. Если тех или других не будет — ценоз развалится, рухнет... Однако «двоечников» не должно быть слишком много — закон гиперболы должен соблюдаться, иначе система не достигнет учебных целей.

Закон рангового распределения проявляется и применяется в технике, экономике, биологии, лингвистике, астрономии. Мы рассмотрели его проявление в педагогике. Каковы границы применимости закона рангового распределения?

Исследования параметрических распределений вселенских ценозов указывают на справедливость применения закона рангового распределения далеко за пределами Солнечной системы. Ранговые распределения по массе планет Солнечной системы, 15 близлежащих к Солнечной системе галактик, самых ярких звёзд на небе (по данным атласа звёздного неба), периодов полуправильных переменных звёзд, космической распространённости основных элементов и др. позволяют ут-

верждать, что закон параметрического рангового гиперболического распределения справедлив в масштабе Солнечной системы и применим к процессам вселенского масштаба⁶. Таков наш единый мир.

Итак, один из общих законов развития любой системы: технической, биологической, экономической, экологической, социальной — гиперболический закон рангового распределения (*H*-распределение). Ценологический подход справедлив и для педагогических систем.

Школьные коллективы, классы, учебные группы представляют собой ранговые системы, для которых справедлив закон рангового распределения, который важно учитывать на практике.

Ранговый анализ следует активно распространять на педагогические системы и использовать его для оптимизации этих систем. В связи с этим необходим переход от табулированной к графической форме ранжирования параметров системы.

Оптимизация образовательной системы заключается в том, чтобы устранить аномалии в реальном ранговом распределении, устремляющие распределение к каноническому гиперболическому *H*-распределению.

Учёт закона рангового распределения — необходимое условие успешного функционирования любой образовательной системы, так как позволяет производить объективную оценку качества образовательного процесса и прогнозировать пути его оптимизации.

Закон рангового распределения социоценозов — лишь одно из проявлений гиперболических законов неживой материи.

В результате знания закона рангового распределения, его применения, осознания себя и своего места в ранговой системе вырабатывается ценологическое мышление, которое характеризуется пониманием неодинаковости особей в ценозе, осознанием, что всем есть место в социоценозе — и сильным, и средним, и слабым, что это нормальное стабильное состояние социоценоза. **□**