Оценка устойчивости экономических систем на основе анализа характера распределения ресурсов.[1]

Крянев А.В.[1], Матохин В.В.[2], Харитонов В.В.[1]
[1]Московский инженерно-физический институт (государственный университет)
[2]Группа компаний «ТЕКОРА»

1. Введение.

Большинство экономических систем в процессе своей деятельности потребляет различные виды внешних ресурсов и выдает в окружающую среду некий продукт (рис.1). Такого рода экономические системы являются системами открытого типа. Необходимым условием их существования является поступление необходимого для жизнедеятельности системы количества определенных ресурсов. Достаточным же условием длительного существования открытой экономической системы является создание такого продукта, который после его реализации во внешней *(с.418)* среде обеспечивал бы возможность получения исходных ресурсов.

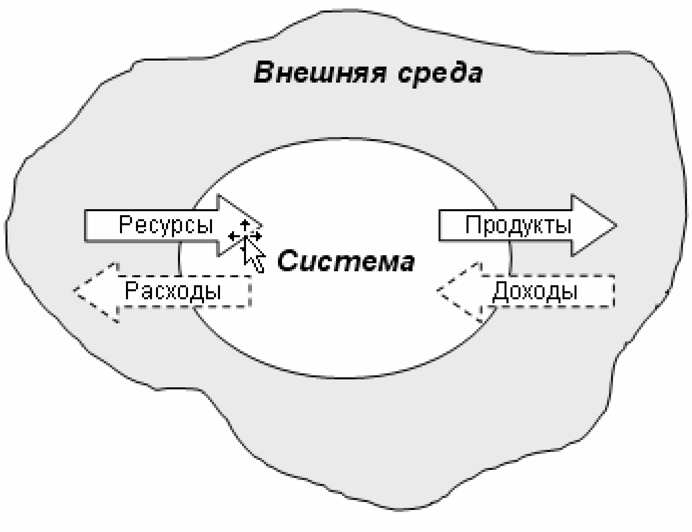


Рис.1 Ресурсно-финансовая схема представления открытой экономической системы

Потоки ресурсов и продуктов в современных экономических системах сопровождается «встречным» потоком финансовых средств, отражающих расходы на потребляемые ресурсы (R_i) и

[1] Опубликовано в сб. ЭКОНОФИЗИКА. Современная физика в поисках экономической теории /Под ред. В.В.Харитонова и А.А.Ежова.-М.:МИФИ, 2007. – с.417-433

доходы реализации произведенных продуктов (P_j). Таким образом, финансовый эквивалент условия экономической эффективности деятельности системы можно записать в виде:

$$\sum_{k=1}^{K} D_k^{sys} - \sum_{i-1}^{M} R_m^{sys} \geq 0 \qquad (1)$$

где М – число потребляемых ресурсов, К – число производимых продуктов.

Отметим, что сумма расходов системы на приобретение ресурсов равна доходу внешней среды при взаимодействии с выбранной системой. И наоборот - расходы внешней среды на закупку у системы продуктов равны доходу системы. Применяя критерий финансовой эффективности системы (1) к окружающей среде, мы получаем условие финансовой эффективности внешней среды:

$$\sum_{k=1}^{K} R_k^{ext} - \sum_{m=1}^{M} D_m^{ext} \geq 0 \qquad (2)$$

Объединяя критерии финансовой эффективности и среды (1) и (2) мы получаем финансовое условие равновесия системы с внешней средой в виде равенств:

$$\sum_{k=1}^{K} D_k^{sys} = \sum_{m=1}^{M} R_m^{sys} \qquad (\text{или} \quad \sum_{k=1}^{K} R_k^{ext} = \sum_{m=1}^{M} D_m^{ext}) \qquad (3)$$

Однако, несмотря на простоту формулировки эффективности существования экономических систем, их выполнение в реальных условиях представляется нетривиальной задачей для *(с.419)* управления. Набор потребляемых ресурсов

Рис.2 Детализированная ресурсная схема экономической системы

(рис.2) отличается большим разнообразием и в ряде случаев бывает весьма затруднительно произвести их стоимостную оценку в денежном выражении.

Кроме того, доходы от реализации производимого продукта сдвинуты по времени относительно расходов на потребляемые ресурсы. В таких условиях, характеризующихся высокой степенью неопределенности, становится особенно актуальным поиск основ и создание методов анализа управленческих решений, непосредственно связанных с распределением средств на потребляемые ресурсы и предшествующих этапу реализации создаваемого продукта.

Представим управление экономической системы в виде трех этапов: планирование результатов, освоение ресурсов и оценка результатов (рис 3). Очевидно, что окончательный вывод о целевой и ресурсной эффективности управления можно сделать лишь в конце определенного интервала времени Т, необходимого для достижения конечного результата.

Рис.3. Трехэтапное представление процесса достижения результатов

(с.420) В то же время, решения о распределениях ресурсов приходится принимать уже на этапе планирования, который характеризуется наибольшей степенью неопределенности процесса достижения цели. Отсюда следует первостепенная актуальность разработки методов анализа решений о распределении ресурсов на этапе планирования, на котором:

- определяется цель (планируемый результат);
- определяется перечень и объемы ресурсов, необходимых для достижения результата;
- создается временной график использования ресурсов для осуществления оперативного управления в процессе достижения запланированных результатов.

Выберем из различных методов анализа принимаемых решений о распределении ресурсов те, которые используют в качестве *(с.421)* формата представления исходных данных табличную форму.

Номенклатура	***Структура***
Наименование ресурса	Объем ресурса
Позиция 1	g_1
Позиция 2	g_2
…………….	……………
Позиция N	g_N
Итого	Общий объем ресурсов S_N

В свою очередь, выделим из совокупности методов анализа решений, представляемых в табличной форме, методы, связанные с представлением структурной части решений в виде круговой диаграммы. Отличительной чертой данного представления является универсальность его применения для произвольных числовых рядов и отсутствие зависимости от суммы чисел (все числовые данные из структурной части $\{g_i\}$ нормируются на их сумму S_N). Полученные долевые значения составляют основу для расчета углов секторов круга. Таким образом, круг, разделенный на сектора, визуализирует соотношения чисел исходного ряда (рис.4). Семейство круговых диаграмм с одинаковым количеством секторов позволяет качественно сравнивать степени неравномерности (характеры) распределения значений числовых рядов с различной суммой чисел. Не столь очевиден тот факт, что круговые диаграммы позволяют качественно оценить «удаленность» характера распределения исследуемого ряда от двух предельных по степени неравномерности распределения вариантов (рис.5):

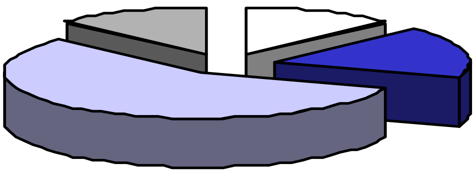


Рис.4 Круговая диаграмма представления структуры решения *(с.422)*

- равномерного распределения значений;

- абсолютно неравномерного распределения значений.

Перебрав разумное число используемых числовых рядов, несложно убедиться в том, что указанные предельные варианты («А» и «М») достаточно редко используются в практике управления экономическими системами. Опираясь на малую вероятность использования предельных случаев и на их граничное положение в ряду кругов, упорядоченных по величине максимальной доли, *(с.423)* можно предположить наличие промежуточного по неравномерности предпочтительного варианта распределения.

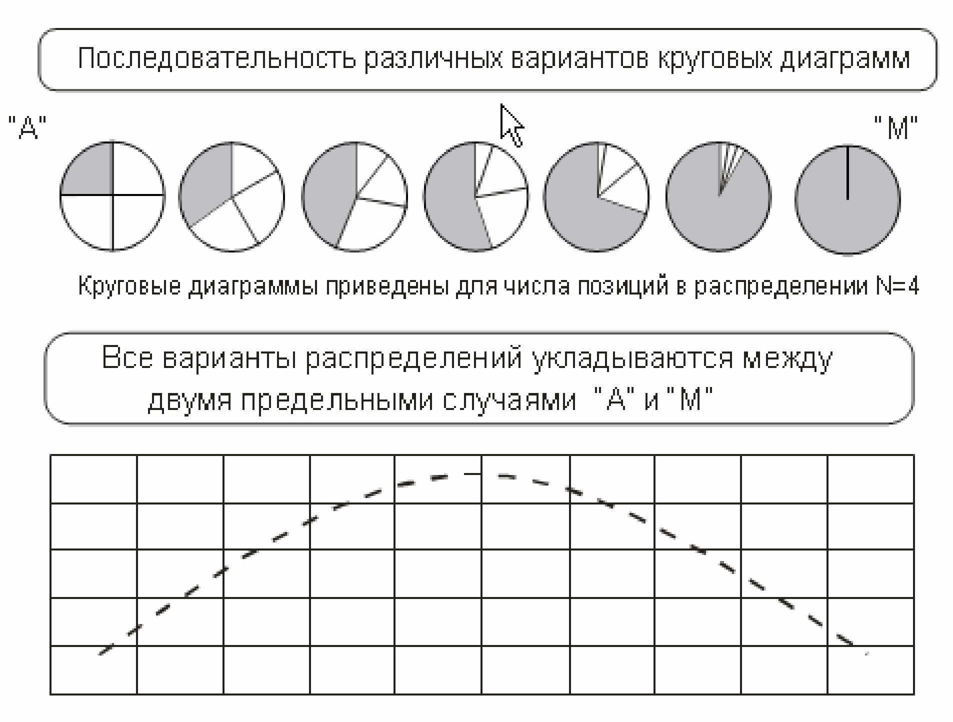


Рис.5. Упорядоченный ряд круговых диаграмм и гипотеза о наличии предпочтительного (по степени неравномерности) варианта распределения. *(с.422)*

Дальнейший поиск числовых рядов, соответствующих предпочтительным по вероятности использования вариантам распределения, с помощью круговых диаграмм сталкивается с проблемой сравнения вариантов распределений, отличающихся по количеству позиций в номенклатурной части (N). Решение этой методической проблемы позволило бы получить универсальный инструмент сравнения различных числовых рядов и выделения предпочтительных по характеру распределения вариантов решений.

2. Характер распределения значений в произвольных числовых рядах.

Сравнение структурных частей экономических решений о распределении ресурсов можно осуществить с помощью диаграмм Лоренца, широко используемых в экономике для анализа характера распределения доходов семей.

Абстрагируясь от сути принимаемых решений, применим методику построения диаграмм Лоренца для определения степени неравномерности распределения значений чисел без предварительного традиционного разбиения исходных данных на группы.

Поясним построение диаграммы Лоренца для произвольного ряда чисел $\{g_i\}$ на конкретном примере. В качестве исходного ряда возьмем следующий произвольный ряд чисел: 600, 70, 100, 200, 30. Далее упорядочим выбранный ряд чисел по их величине и 30; 70; 100; 200; 600 и рассчитаем ряд накопленных сумм $\{S_n\}$ по формуле:

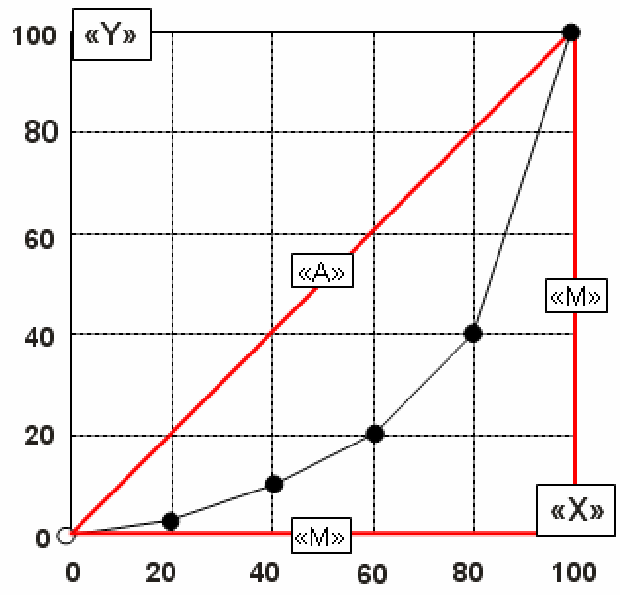


Рис.6. Диаграммы Лоренца для произвольного числового ряда и для двух предельных по неравномерности рядов «А» и «М»

$$S_n = g_1 + \ldots + g_n$$

Значения, откладываемые по оси Y на диаграмме Лоренца, определяются нормированием накопленных сумм на сумму всех чисел. Значения координат по оси X, определяются аналогичным способом, где в качестве исходного ряда берется ряд равных значений *(с.424)* (например, простейший, составленный из единиц, отражающих равный вес исходного ряда чисел). В итоге, откладывая полученные точки внутри квадрата со сторонами равными единице (или 100%), получаем диаграмму Лоренца для исследуемого ряда (Рис.6).

Данный метод построения диаграмм Лоренца легко обобщается на случай, когда исходный ряд чисел, используемый для определения значений оси X, также имеет некую неравномерность. Такое расширение может быть полезным для анализа управленческих многофакторных решений, в которых каждому фактору помимо его количественного значения (значения оси Y) приписывается важность Wi, В этом случае определение порядок числового ряда перед расчетом накопленных сумм производится в соответствии с величиной

$$\rho_i = \sqrt{W_i^2 + g_i^2}\ .$$

Полученная диаграмма Лоренца удовлетворяет требованиям, обеспечивающим возможность сравнения степени неравномерности *(с.425)* распределений значений в произвольных числовых рядах. Таким образом, любой ряд чисел может быть представлен в виде диаграммы Лоренца. Причем все диаграммы Лоренца будут располагаться между равномерным («А» - диагональ квадрата) и абсолютно неравномерным («М» - диаграмма в виде треугольника) вариантами распределения.

Окончательный переход к определению параметра, отражающего характер (степень) неравномерности распределения ресурсов, производится с помощью однопараметрической аппроксимирующей функции [1] (рис.7).

$$F(x,\alpha) = 1 - \sqrt[\alpha]{1 - x^{\alpha}}$$

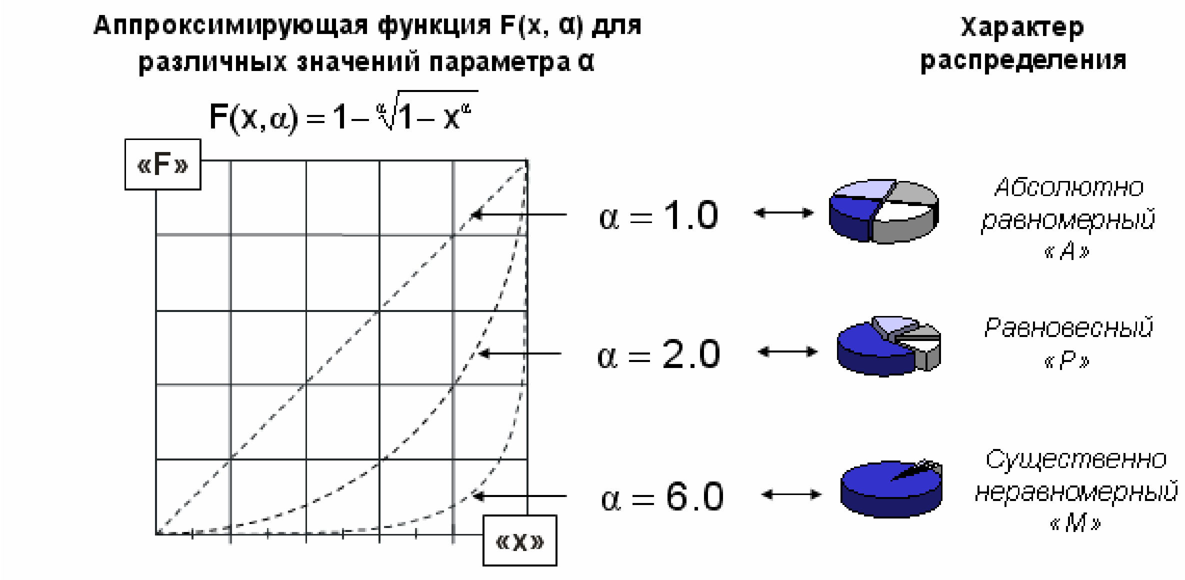


Рис.7 Аппроксимирующая диаграммы Лоренца функция F(x, α) для различных значений параметра степени неравномерности (α) распределения значений чисел рассматриваемого ряда *(с.425)*

3. Энтропия числовых рядов с различным характером распределения значений.

Введенная в предыдущем разделе специальная однопараметрическая функция для аппроксимации диаграмм Лоренца позволяет не только определить степень неравномерности *(с.426)* распределения значений чисел произвольного ряда, но и произвести расчет энтропии конкретного варианта распределения. В результате проведенных расчетов установлено наличие максимума энтропии для определенного значения параметра альфа [2].

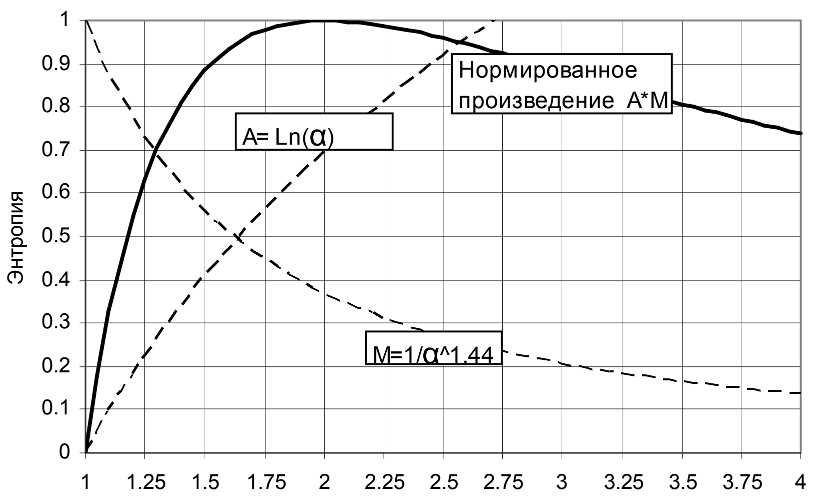


Рис.8 Суперпозиция двух модельных зависимостей энтропии числового ряда от α-параметра *(с.426)*

Следуя определению энтропии, сделанное Л.Больцманом, как величине пропорциональной логарифму числа возможных микросостояний системы, можно утверждать, что обнаруженный максимум соответствует наиболее вероятному состоянию системы.

Характер же зависимости энтропии от α-параметра позволяет предположить, что максимум энтропии является суперпозицией двух зависимостей, связанных с распределениями значений. На рис.8 приведена суперпозиция двух модельных зависимостей, которая «обеспечивает» наличие максимума энтропии произвольного числового ряда.

4. Примеры построения диаграмм Лоренца для распределений ресурсов в экономических системах

(с.427) В качестве подтверждения верности проведенных расчетов далее приведены примеры построения диаграмм Лоренца для распределений ресурсов в различных конкретных экономических системах.

4.1. Распределение средств по проектам Государственной научно-технической программы «Высокотемпературная сверхпроводимость».

Совпадение диаграмм Лоренца для шести ежегодных (1988-1993 г.г.) распределений средств по проектам целевой ГНТП «ВТСП» (рис.9) указывает на существование стационарного динамического состояния экономической системы. Причем указанное состояние *(с.428)* поддерживалось вне зависимости от числа финансируемых проектов, распределяемых сумм и неблагоприятной внешней экономической обстановки.

Год	N	S_N (млн.руб.)
1988	273	143.1
1989	362	137.6
1990	432	136.9
1991	553	109.4
1992	345	411.2
1993	353	930.0

S – *ежегодный объем финансирования программы*

N – *число проектов в программе*

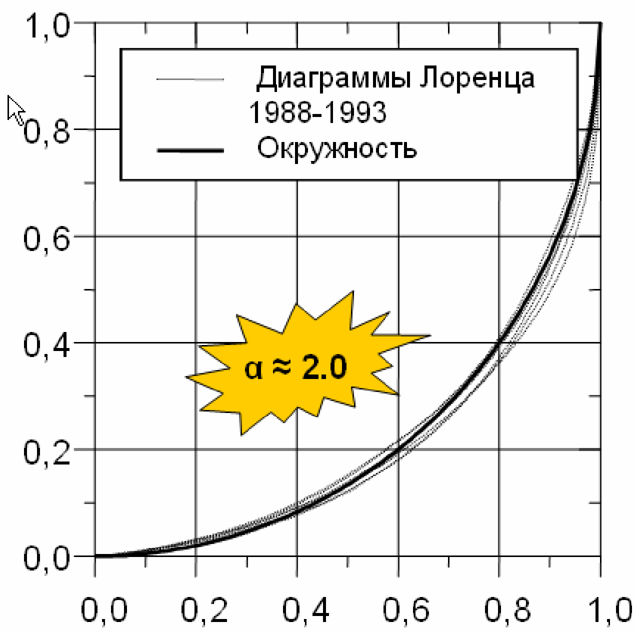


Рис.9. Диаграммы Лоренца для ежегодных распределений средств по проектам ГНТП «Высокотемпературная сверхпроводимость» в 1988 -1993 гг.

4.2. Распределение средств при реализации бизнес-функции «Поставка товаров потребителю».

В книге Ф.Котляра «Основы маркетинга» [3] приведены в качестве примера усредненные данные по расходам при реализации бизнес-функции «Поставка товаров потребителю» отличается тем, что расходы разнесены во времени. Энтропия данного распределения близка к максимальному.

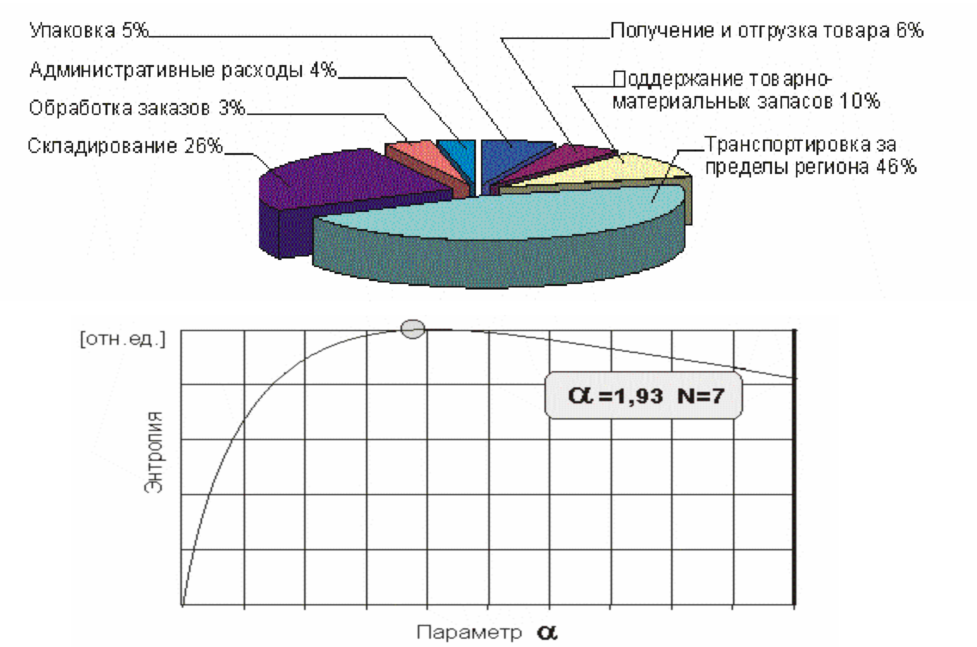


Рис.10. Энтропия распределения затрат при реализации бизнес-функции «Поставка товаров потребителю»

4.3. Распределение времени менеджерами.

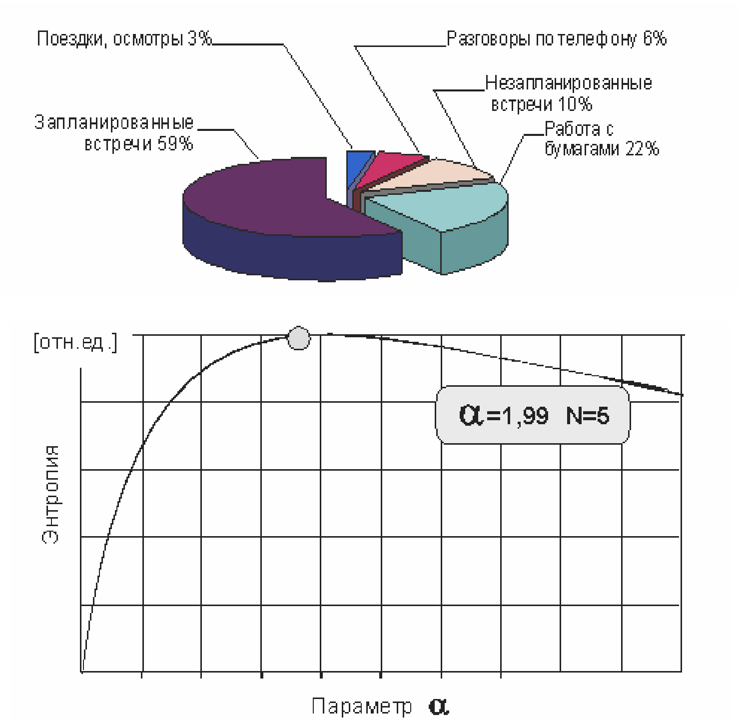


Рис.11 Энтропия распределения рабочего времени менеджерами американских компаний

(с.429) Построение диаграммы Лоренца для характерного распределения времени менеджерами ведущих американских компаний [4] (рис.11) между различными видами работ дает еще одно практическое подтверждение универсальности вывода о существовании предпочтительных числовых рядов с максимумом энтропии в зависимости от характера (степени неравномерности) распределения значений используемых чисел.

5. К вопросу об устойчивости экономических систем.

«Состояния, далекие от равновесия, могут терять устойчивость и переходить к одному из многих возможных состояний. В этом мире неустойчивости и эволюции к новым организованным структурам решать «судьбу» системы могут очень малые факторы, часто выходящие за экспериментальный контроль»

И.Пригожин, Д.Кондепуди, Современная термодинамика, 1999 г

(с.430) Следуя признанной продуктивности использования физических аналогий в становлении методологии экономических исследований [5], распространим походы, используемые при исследовании термодинамических систем, на анализ устойчивости экономических систем. В частности, воспользуемся определением стационарности и устойчивости сложных систем на основе использования энтропии.

Согласно этим подходам стационарное состояние определяется через минимальное значение производства энтропии [6], а устойчивость трактуется согласно общему подходу, сформированному А.М. Ляпуновым. А именно, если «расстояние» L(δX) между стационарным состоянием (X) и возмущенным состоянием (X+ δX) монотонно уменьшается со временем, то стационарное состояние устойчиво.

Для распространения подходов к оценке устойчивости состояний сложных термодинамических систем к анализу произвольных числовых рядов выберем в качестве «линейки» для измерения «расстояния» между различными числовыми рядами зависимость энтропии числового ряда от характера распределения значений составляющих его чисел (рис.12).

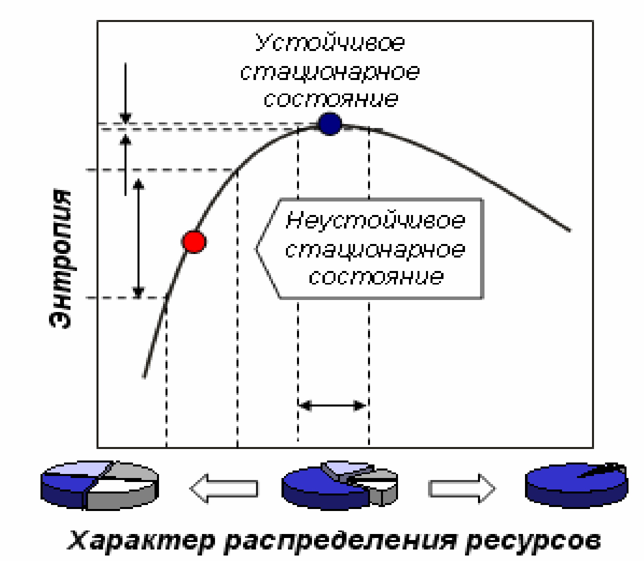


Рис.12 Устойчивость произвольных числовых рядов. *(с.421)*

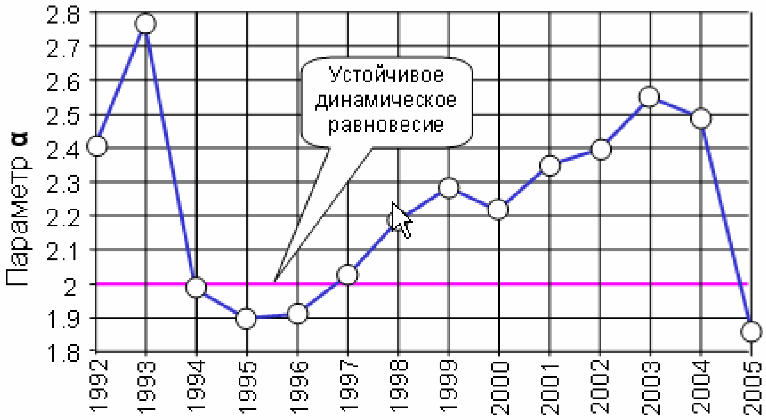
Принимая во внимание существование максимума в зависимости энтропии числового ряда от параметра α, можно утверждать, что наибольшей устойчивостью *(с.431)* будут обладать состояния, располагающиеся в области максимальных значений энтропии.

6. Анализ устойчивости системы расходов бюджета Российской Федерации.

Применим описанные подходы к оценке устойчивости экономических систем к анализу устойчивости структуры расходов бюджета Российской Федерации [7]. На рис.10 приведена зависимость параметра неравномерности α от распределения финансовых средств по статьям годового бюджета Российской Федерации для нескольких последних лет.

Данные, приведенные на рис.10, показывают тенденции отклонения управления бюджетом от состояния с наименьшим производством энтропии (линия α=2.0) и возвраты после кризисных (1993-1994 гг.) и существенных действий по реструктуризации управления (2004-2005 гг.) *(с.432)*

Год	N	Расходы (млрд. руб.)
1992	19	3 319.3
1993	31	18 725.1
1994	16	194 495.3
1995	19	248 344.3
1996	20	435 750.0
1997	22	529 765.2
1998	25	499.9
1999	24	575.0
2000	23	855.1
2001	26	1 193.5
2002	27	1 947.4
2003	26	2 345.6
2004	26	2 659.4
2005	11	3 047.9



N – *число разделов функциональной классификации расходов бюджетов Российской Федерации*

Рис.13. Значения параметра неравномерности распределения средств в структуре расходов бюджета Российской Федерации в 1992 – 2005 г.г.

7. Заключение

Описанный подход по анализу энтропии числовых рядов может быть использован для анализа устойчивости произвольных экономических систем и возникновение в них кризисных ситуаций.

Благодарим за плодотворные дискуссии и критические замечания Е.В.Каряева.

Литература *(с.433)*

1. Крянев А.В., Матохин В.В, Климанов С.Г. Статистические функции распределения ресурсов в экономике. М.: Препринт/МИФИ, 010-98, 1998.-15 с.

2. I.Antoniou at al., Analysis of resource distribution in economics based on entropy, Physica A, 304 (2002) 525-534.

3. Котляр Ф. Основы маркетинга/ пер. с англ. М. Прогресс, 1989.

4. H.Mintzberg, The Nature of Managerial Work, (New-York, Harper&Row, 1973, p.39)

5. Дорошенко М.Е. Анализ неравновесных состояний и процессов в макроэкономических моделях. М.: Экономический факультет МГУ, ТЕИС, 2000.-206с.

6. Пригожин И., Кондепуди Д. Современная термодинамика. От тепловых двигателей до диссипативных структур: Пер. с англ. Ю.А.Данилова и В.В.Белого – М.: Мир, 2002. - 461 с.

7. Бюджетная система Российской Федерации (http://www.budgetrf.ru)