

Вестник Евразийской науки / The Eurasian Scientific Journal <https://esj.today>

2024, Том 16, № 2 / 2024, Vol. 16, Iss. 2 <https://esj.today/issue-2-2024.html>

URL статьи: <https://esj.today/PDF/30ECVN224.pdf>

5.2.1. Экономическая теория (экономические науки)

Ссылка для цитирования этой статьи:

Юдин, С. В. Оценка возможности применения методов математической теории информации к анализу экономического неравенства / С. В. Юдин, В. С. Минаев // Вестник евразийской науки. — 2024. — Т. 16. — № 2. — URL: <https://esj.today/PDF/30ECVN224.pdf>

For citation:

Iudin S.V., Minaev V.S. Assessment of the possibility of applying the methods of mathematical information theory to the analysis of economic inequality. *The Eurasian Scientific Journal*. 2024; 16(2): 30ECVN224. Available at: <https://esj.today/PDF/30ECVN224.pdf>. (In Russ., abstract in Eng.)

УДК 338.001.36:330.47:51-77

Юдин Сергей Владимирович

ФГБОУ ВО «Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова, Тула, Россия

Профессор

Доктор технических наук, профессор

E-mail: svjudin@rambler.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0433-3331>

РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=158587

Минаев Владимир Сергеевич

ФГБОУ ВО «Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова, Тула, Россия

Доцент

Кандидат технических наук

E-mail: svjudin@rambler.ru

РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=713239

Оценка возможности применения методов математической теории информации к анализу экономического неравенства

Аннотация. В статье был проведен анализ литературы, посвященной методам математической теории информации, понятий «информация» и «энтропия». Выявлена универсальность этого подхода, который широко применяется в машиностроении, приборостроении, экономике.

Применение этих методов в экономических исследованиях показало, что их использование оправдано при решении задач экономической динамики, теории принятия решений в экономике, анализа устойчивости распределения финансов, дискриминации групп населения по экономическим показателям, анализа международной торговли, оценки надежности проверки статистических гипотез.

Авторы, основываясь на ранее проведенных исследованиях и анализе литературы, предположили, что эти же методы возможно применить и для оценки экономического неравенства населения. Энтропийный подход был применен в ряде работ для решения этой задачи, но отсутствовали проверки его на реальных статистических данных.

С этой целью были проведены соответствующие исследования на статистических данных Росстата РФ. Для расчетов были использованы формулы, полученные и проверенные коллективами исследователей Тульского государственного университета и Тульского филиала Российского экономического университета имени Г.В. Плеханова.

Были использованы данные Росстата РФ за 1995–2022 годы: Распределение общего объема денежных доходов по 20-ти процентным группам населения в целом по России и по субъектам Российской Федерации; коэффициент Джини (индекс концентрации доходов) в целом по России и по субъектам Российской Федерации; коэффициент фондов (соотношение денежных доходов 10 % наиболее и 10 % наименее обеспеченного населения) в целом по России и по субъектам Российской Федерации; распределение общего объема денежных доходов по 20-ти процентным группам населения по Российской Федерации. Дополнительно были вычислены квинтильные коэффициенты.

Энтропия рассчитывалась по последнему распределению.

Было получено, что коэффициент парной корреляции между всеми традиционными показателями превышает 0,98, в то время как парная корреляция между энтропией и ими не превышает 0,33. Для обеспечения дополнительной уверенности были определены коэффициенты информационной связи между энтропией и прочими показателями. Показано, что эти коэффициенты являются статистически незначимыми.

Предложено провести дополнительные исследования, основанные на использовании не интегральных, а уникальных данных.

Ключевые слова: теория информации; энтропия; экономическая теория; статистический анализ; экономическое неравенство; корреляция; коэффициент информационной связи

Введение

Авторы, отталкиваясь от исследований, проведенных в Тульском государственном университете (ТулГУ) и Тульском филиале Российского экономического университета имени Г.В. Плеханова (ТФ РЭУ) в период с 1978 г. по 2020 г., сделали попытку применить методы математической теории информации, описанные в работах К. Шеннона [1], Н. Винера [2], Н. Мартина и Дж. Ингланда [3], к задаче оценки экономического неравенства населения.

Ранее коллективы ученых ТулГУ и ТФ РЭУ применяли указанные методы к оценке энтропии и взаимной информации технологических процессов. Основанные на фундаментальном труде С. Кульбака [4], работы [5; 6] дали возможность с большей надежностью при снижении среднего объема инспекции проводить контроль качества партий изделий любого объема и любых задаваемых потребителем параметров качества. Эти методы нашли широкое применение при моделировании процессов и определении многомерных и нелинейных связей в технологических процессах, построении контрольных карт Шухарта, анализе временных рядов и многих других задачах.

Анализ литературы

Толчком к исследованию возможностей статистики «энтропия» в экономических процессах стал для авторов анализ современной литературы, в которой увидели ряд интересных моментов.

Работы таких авторов, как Имбенс Г.В., Джонсон П., Спади Р.Х. [7], Голан А. [8], Грей Р.М. [9], Якимовиц А. [10] показали эффективность применения методов теории информации и использования статистики «энтропия» к решению самых разных задач, возникающих при анализе экономических процессов.

В работах В.В. Матокина и А.В. Сигала, О.Л. Королева, Л.А. Мусаева и многих других [11-23] приведены примеры приложения энтропии к экономической динамике, теории принятия решений в экономике, анализе устойчивости распределения финансов и др. В работах С.В. Юдина и др. [23; 24] рассмотрены задачи анализа временных рядов и решения задач дискриминации различных групп населения по задаваемым показателям.

В работе Т.Е. Меркуловой и А.А. Янцевича [18] была рассмотрена задача оценки с помощью энтропии распределения доходов в обществе. На первый взгляд, полученные формулы достаточно адекватны. Однако авторы настоящей статьи не увидели в этой работе проверки работоспособности предложенной методики.

В этой связи была поставлена задача применить энтропийный подход к анализу экономического неравенства на реальных данных.

Была выдвинута гипотеза о том, что информационно-статистические критерии, представленные в работах [5; 6; 23; 24], могут адекватно отразить характеристики распределения доходов в обществе.

Методы и материалы

Основные расчетные формулы

Представленные ниже формулы подробно рассмотрены в работах [5; 6; 24; 25]. Там же описаны проверки адекватности, точности и надежности этих формул методом имитационного моделирования (методом Монте-Карло).

Пусть имеется случайный процесс, имеющий ряд распределения:

$$\{(x_i, p_{xi}), i = 1 \dots n\}. \quad (1)$$

Энтропия такого процесса равна:

$$H(\mathbf{X}) = -\sum_{i=1}^n p_i \ln p_{xi}. \quad (2)$$

Также можно ввести понятие взаимной информации при изучении связей двух и более факторов.

Пусть имеются два взаимодействующих фактора: \mathbf{X} и \mathbf{Y} . Ряд распределения фактора \mathbf{X} задан формулой (1), а ряд распределения для \mathbf{Y} описывается следующим выражением:

$$\{(y_j, p_{yj}), j = 1 \dots m\}. \quad (3)$$

Тогда энтропия этого распределения равна:

$$H(\mathbf{Y}) = -\sum_{j=1}^m p_{yj} \ln p_{yj}. \quad (4)$$

Обозначим:

$$\{(x_i, y_j, p_{ij}), i = 1 \dots n, j = 1 \dots m\} \text{ — ряд распределения двумерной случайной величины } (\mathbf{X}, \mathbf{Y}). \quad (5)$$

Энтропия двумерного процесса равна:

$$H(\mathbf{X}, \mathbf{Y}) = - \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m p_{ij} \ln p_{ij} . \quad (6)$$

Взаимная информация, передаваемая от одного фактора к другому, равна:

$$I(\mathbf{X} \rightarrow \mathbf{Y}) = H(\mathbf{X}) + H(\mathbf{Y}) - H(\mathbf{X}, \mathbf{Y}) . \quad (7)$$

Можно ввести коэффициент информационной связи, который статистически равен квадрату коэффициента корреляции при линейной связи нормально распределенных факторов:

$$q(\mathbf{X} \rightarrow \mathbf{Y}) = \frac{I(\mathbf{X} \rightarrow \mathbf{Y})}{H(\mathbf{Y})} . \quad (8)$$

Исходные данные

Для анализа были использованы следующие наборы данных, приведенные на сайте Росстата¹:

1. Распределение общего объема денежных доходов по 20-ти процентным группам населения в целом по России и по субъектам Российской Федерации (за период 1995–2022 годы).
2. Коэффициент Джини (индекс концентрации доходов) в целом по России и по субъектам Российской Федерации (за период 1995–2022 годы).
3. Коэффициент фондов (соотношение денежных доходов 10 % наиболее и 10 % наименее обеспеченного населения) в целом по России и по субъектам Российской Федерации (за период 1995–2022 годы).
4. Распределение общего объема денежных доходов по 20-ти процентным группам населения по Российской Федерации.

Результаты

В таблице 1 приведены данные общего объема денежных доходов по 20-ти процентным группам населения в целом по России.

Остальные таблицы слишком объемны для того, чтобы их приводить в статье.

Энтропия распределения по каждому году вычислялась по формуле:

$$H = - \sum_{i=1}^5 \hat{p}_i \ln \hat{p}_i , \quad (9)$$

где \hat{p}_i — вероятности, рассчитанные по долям, указанным в таблице 1.

Так, для 1992 г. получим:

¹ Росстат. Уровень жизни. — Режим доступа: URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/13397>. (дата обращения: 07/03/2024).

$$H = -\frac{6,0}{100} \cdot \ln \frac{6,0}{100} - \frac{11,6}{100} \cdot \ln \frac{11,6}{100} - \frac{17,6}{100} \cdot \ln \frac{17,6}{100} - \frac{26,5}{100} \cdot \ln \frac{26,5}{100} - \frac{38,3}{100} \cdot \ln \frac{38,3}{100} = 1,443947$$

Таблица 1

Распределение общего объема денежных доходов по 20-ти процентным группам населения по Российской Федерации (в процентах от общего дохода) за 1992–2022 гг. (по данным Росстата¹)

	Всего	Первая (с наименьшими доходами)	Вторая	Третья	Четвертая	Пятая (с наивысшими доходами)
1992 ¹⁾	100	6,0	11,6	17,6	26,5	38,3
1993	100	5,1	9,4	14,9	23,8	46,8
1994	100	5,4	10,1	15,1	22,7	46,7
1995	100	6,1	10,8	15,2	21,6	46,3
1996	100	6,1	10,7	15,2	21,6	46,4
1997	100	5,9	10,5	15,3	22,2	46,1
1998	100	6,0	10,6	15,0	21,5	46,9
1999	100	6,0	10,5	14,8	21,1	47,6
2000	100	5,9	10,4	15,1	21,9	46,7
2001	100	5,7	10,4	15,4	22,8	45,7
2002	100	5,7	10,4	15,4	22,7	45,8
2003	100	5,5	10,3	15,3	22,7	46,2
2004	100	5,4	10,1	15,1	22,7	46,7
2005	100	5,4	10,1	15,1	22,7	46,7
2006	100	5,3	9,9	15,0	22,6	47,2
2007	100	5,1	9,8	14,8	22,5	47,8
2008	100	5,1	9,8	14,8	22,5	47,8
2009	100	5,2	9,8	14,8	22,5	47,7
2010	100	5,2	9,8	14,8	22,5	47,7
2011	100	5,2	9,9	14,9	22,6	47,4
2012	100	5,2	9,8	14,9	22,5	47,6
2013	100	5,2	9,9	14,9	22,6	47,4
2014	100	5,3	9,9	15,0	22,6	47,2
2015	100	5,3	10,1	15,0	22,6	47,0
2016	100	5,3	10,1	15,0	22,6	47,0
2017	100	5,3	10,1	15,1	22,6	46,9
2018	100	5,3	10,0	15,0	22,6	47,1
2019	100	5,3	10,1	15,0	22,6	47,0
2020	100	5,4	10,2	15,2	22,7	46,5
2021	100	5,4	10,1	15,1	22,6	46,8
2022	100	5,7	10,5	15,4	22,8	45,6

¹⁾ Совокупный доход (с учетом стоимости чистой продукции личных подсобных хозяйств населения). Составлено авторами по данным Росстата¹

Ниже приведена сводная таблица (табл. 2), содержащая показатели экономического неравенства населения за период с 1995 г. по 2022 г.

Таблица 3 содержит рассчитанные по данным таблице 2 коэффициенты парной корреляции всех факторов.

Расчеты проводились при помощи Мастера анализа данных MS Excel: лента «Данные» → «Анализ данных» → «Корреляция».

Таблица 2

Показатели экономического неравенства населения за период с 1995 г. по 2022 г.

Год	Энтропия	Коэффициент Джини	Децильный коэффициент (коэффициент фондов)	Квинтильный коэффициент
1	2	3	4	5
1995	1,977776	0,387	13,5	7,590164
1996	2,052479	0,387	13,3	7,606557
1997	2,067345	0,39	13,6	7,813559
1998	2,031337	0,394	13,8	7,816667
1999	2,053394	0,4	14,1	7,933333
2000	2,050576	0,395	13,9	7,915254
2001	2,070764	0,397	13,9	8,017544
2002	2,03341	0,397	14	8,035088
2003	2,040529	0,403	14,5	8,4
2004	2,054492	0,409	15,2	8,648148
2005	1,998058	0,409	15,2	8,648148
2006	2,006981	0,415	15,9	8,90566
2007	1,994679	0,422	16,7	9,372549
2008	1,95295	0,421	16,6	9,372549
2009	1,974456	0,421	16,6	9,173077
2010	1,948198	0,421	16,6	9,173077
2011	1,914569	0,417	16,2	9,115385
2012	2,018744	0,42	16,4	9,153846
2013	2,01256	0,417	16,1	9,115385
2014	2,009398	0,415	15,8	8,90566
2015	1,995557	0,412	15,5	8,867925
2016	1,99186	0,412	15,5	8,867925
2017	1,9848	0,411	15,4	8,849057
2018	1,978782	0,414	15,8	8,886792
2019	1,958788	0,412	15,6	8,867925
2020	1,942253	0,406	14,9	8,611111
2021	1,942253	0,409	15,2	8,666667
2022	1,819364	0,395	13,8	8

Примечание: в столбце 5 (заголовок «Квинтильный коэффициент») приведено отношение среднего дохода 5-й группы (наивысшие доходы) к тому же 1-й группы (наименьшие доходы). Составлено авторами

Таблица 3

Таблица коэффициентов парной корреляции факторов, приведенных в таблице 2

	Энтропия	Коэффициент Джини	Коэффициент фондов	Квинтильный коэффициент
Энтропия	1			
Коэффициент Джини	-0,292977	1		
Коэффициент фондов	-0,308904	0,991495	1	
Квинтильный коэффициент	-0,33224	0,98915	0,987272	1

Составлено авторами

Можно отметить, что между энтропией и остальными факторами коэффициент корреляции очень мал, а квадрат коэффициента корреляции (мера связи) менее 0,12. Это говорит о том, что изменение энтропии объясняет не более 12 % изменения других факторов.

В то же время следует отметить, что коэффициент корреляции между остальными парами факторов почти равен 1, т. е. можно использовать лишь один из них для оценки экономического неравенства населения.

Учитывая возможность нелинейной связи энтропии с другими факторами, была принята попытка выявить ее с помощью коэффициента информационной связи. В работе [5] показано, что информационное моделирование позволяет выявить монотонные нелинейные связи.

В таблице 3 приведены коэффициенты информационной связи между энтропией и остальными факторами.

Расчеты проводились при помощи шаблона MS Excel информационного моделирования, разработанного и описанного в [6].

На рисунках 1 и 2 представлены скриншоты листа MS Excel при проведении расчетов.

В столбцах А и В приведены значения факторов «энтропия» и «Квинтильный коэффициент».

Диаграмма в центре — точечная двумерная диаграмма исходных данных.

Таблица под диаграммой содержит частоты попадания значений двумерной величины в соответствующий двумерный диапазон (двумерная гистограмма). Эти частоты формируются при помощи функции «СЧЁТЕСЛИМН». Ширина интервала по каждой переменной равна среднему квадратическому отклонению этой переменной.

$F(X)$, $F(Y)$ — гистограммы одномерных распределений; $p(X)$, $p(Y)$ — частоты (эмпирические вероятности) попадания одномерных величин в интервалы.

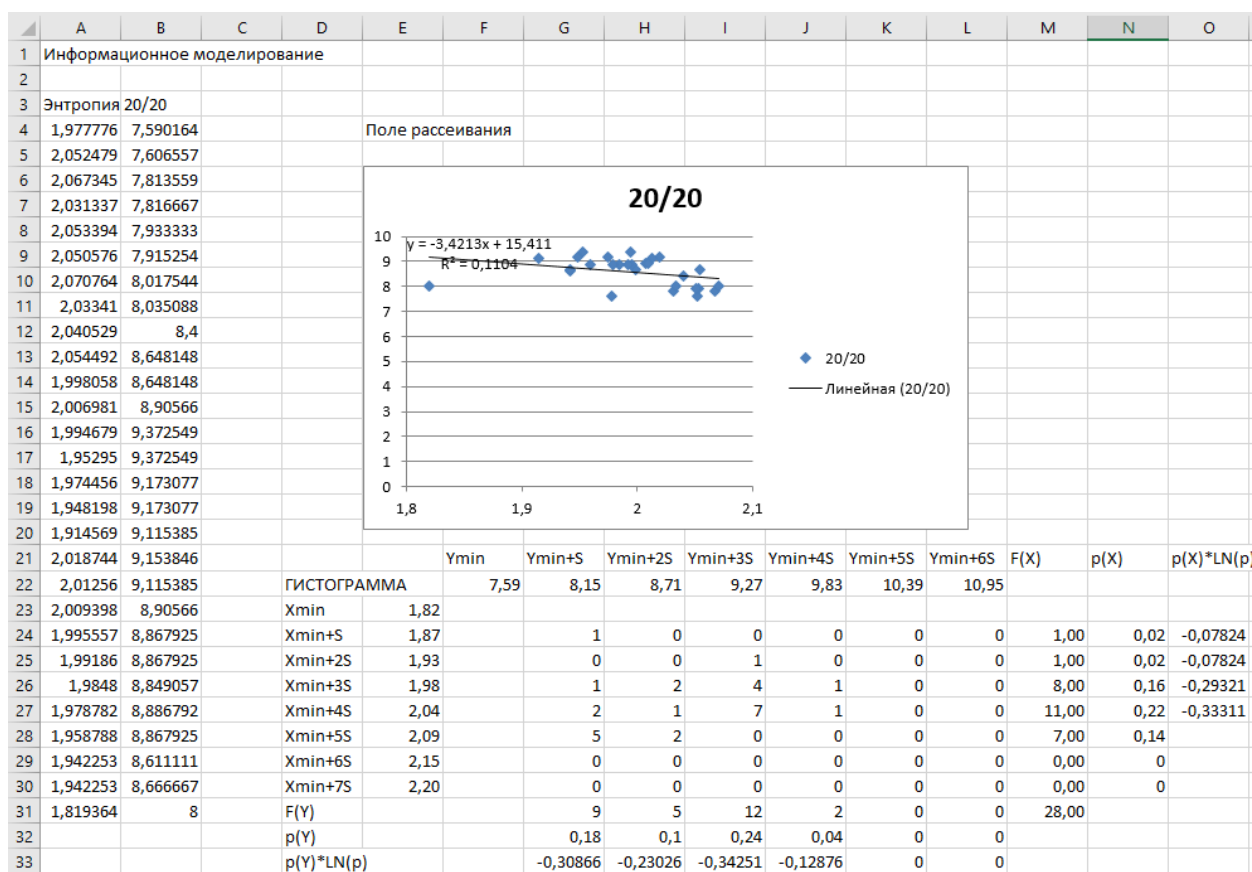


Рисунок 1. Скриншот 1 листа MS Excel проведения расчетов коэффициента информационной связи между энтропией и фактором «Квинтильный коэффициент» (составлен авторами)

На рисунке 2 основная таблица содержит значения $p \ln p$, где $p = F(X,Y)/28$ (здесь 28 — объем выборки). Далее расчеты проводятся по формулам (2), (4), (6), (7), (8).

Аналогичные расчеты проводились и по другим факторам.

$p \cdot \ln(p)$		7,59	8,15	8,71	9,27	9,83	10,39	10,95
	1,82							
	1,87		-0,07824	0	0	0	0	0
	1,93		0	0	-0,07824	0	0	0
	1,98		-0,07824	-0,12876	-0,20206	-0,07824	0	0
	2,04		-0,12876	-0,07824	-0,27526	-0,07824	0	0
	2,09		-0,23026	-0,12876	0	0	0	0
	2,15		0	0	0	0	0	0
	2,20		0	0	0	0	0	0
Энтропия двумерная								
H=	1,56328							
Энтропии параметров								
H(Y)=	1,010185							
H(X)=	0,782802							
Взаимная информация								
$I=H(X)+H(Y)-H$	0,229707							
Коэффициент информационной связи								
$q=I/H(Y)$	0,227391							

Рисунок 2. Скриншот 2 листа MS Excel проведения расчетов коэффициента информационной связи между энтропией и фактором «Квинтильный коэффициент» (составлен авторами)

Коэффициенты информационной связи между энтропией и остальными факторами приведены в таблице 4.

Таблица 4

Таблица коэффициентов информационной связи между энтропией и остальными факторами

Фактор	Коэффициент информационной связи указанных факторов и энтропии
Коэффициент Джини	0,244498
Коэффициент фондов	0,229450
Квинтильный коэффициент	0,227391

Составлено авторами

Для оценки значимости коэффициента информационной связи используется распределение Пирсона. В работе [5] на основе анализа литературы и проведенных в ТулГУ исследованиях показано, что взаимная информация имеет распределение Пирсона с $k = n - 1$ степенями свободы. Критерий значимости имеет вид:

$$R = 2nI(X \rightarrow Y) \geq \chi_{2,\alpha}^2 \quad (10)$$

Здесь n — объем выборки (в нашем случае $n = 28$); α — доверительная вероятность.

Если положить $\alpha = 0,95$ (наиболее часто применяемое значение), то при помощи функции MS Excel «=ХИ2.ОБР(0,95;27)» получим критическое значение R , равное $R_{\text{крит}} = 40,113$.

В таблице 4 приведены взаимные информации и значения критериев R оценки значимости связи между указанными факторами и энтропией.

Таблица 4

Оценка значимости связей

Фактор	Взаимная информация указанных факторов и энтропии	Критерий R
Коэффициент Джини	0,262002	14,14809
Коэффициент фондов	0,246387	13,30493
Квинтильный коэффициент	0,229707	12,40416

Составлено авторами

Легко заметить, что и коэффициент информационной связи также не дает основания использовать энтропию распределения в качестве оценки экономического неравенства.

В то же время по данным таблицы 2 можно сделать вывод о том, что три использованных фактора «Коэффициент Джини», «Децильный коэффициент (коэффициент фондов)», «Квинтильный коэффициент» имеют очень тесную связь: коэффициенты парной корреляции между ними превышают 0,98. Это говорит о том, что выводы, которые можно получить при использовании любого из этих факторов, статистически идентичны.

Заключение

В заключение можно сделать следующие выводы:

1. Проведен анализ литературы, посвященной проблемам использования энтропийного подхода в экономических исследованиях. Выявлена универсальность методов, основанных на статистике «энтропия».
2. Отмечено, что в ряде публикаций проведены лишь теоретические исследования, не проверенные на реальных данных. В частности, в работе Т.Е. Меркуловой и А.А. Янцевича [18] была рассмотрена задача оценки с помощью энтропии распределения доходов в обществе, что привело авторов настоящей статьи к попытке анализа доходов при помощи теоретико-информационного подхода на реальных данных.
3. На основе проведенных расчетов можно сделать вывод о том, что показатель «энтропия распределения», примененный для оценки экономического неравенства населения, не коррелирует с общепринятыми показателями, такими, как «Коэффициент Джини», «Децильный коэффициент (коэффициент фондов)», «Квинтильный коэффициент».
4. Попытка выявить связь на основе методов информационного моделирования также не дала результатов. Показано, что вычисленные коэффициенты информационной связи статистически незначимы.
5. В то же время обнаружено, что остальные факторы, исследованные в работе, имеют очень тесную связь: коэффициенты парной корреляции между ними превышают 0,98. Это говорит о том, что выводы, которые можно получить при использовании любого из этих факторов, статистически идентичны.
6. Авторы полагают, что методика анализа экономического неравенства населения на базе статистики «энтропия» должна быть доработана, в связи с чем необходимы дальнейшие исследования, основанные не на интегральных показателях, приведенных в использованных таблицах Росстата, а на оригинальной базе данных по всему множеству записей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шеннон К. Работы по теории информации и кибернетике / К. Шеннон — М.: ИЛ, 1963. — 829 с.
2. Винер Н. Кибернетика, или управление и связь в животном и машине / Н. Винер. — М.: Наука, 1983. — 340 с.
3. Мартин Н. Математическая теория энтропии / Н. Мартин, Дж. Ингленд — М.: Мир, 1988. — 350 с.
4. Кульбак, С. Теория информации и статистика / С. Кульбак; под ред. и с предисл. акад. А.Н. Колмогорова. — Москва: Наука, 1967. — 408 с.
5. Григорович, В.Г. Информационные методы в управлении качеством / В.Г. Григорович, С.В. Юдин, Н.О. Козлова, В.В. Шильдин. — М.: РИА "Стандарты и качество" — Серия «Дом качества», 2001. вып. 1(10). — 208 с. — EDN: WQSZAD.
6. Юдин С.В. Современные статистические методы управления качеством: сборник научных трудов / С.В. Юдин, В.Б. Протасьев, С.Н. Остапенко, А.С. Юдин, Г.В. Палихов; [под ред. С.В. Юдина]. — Киров: Изд-во МЦИТО, 2020. — 184 с. — EDN: YIFLMT.
7. Imbens, G.W. Information-theoretic approaches to inference in moment condition models / G.W. Imbens, R.H. Spady, P. Johnson // *Econometrica*. — 1998 — Т. 66. — № 2. — С. 333–357. — URL: <https://www.jstor.org/stable/2998561> (дата обращения: 13.04.24)
8. Golan, A. Information and Entropy Econometrics / A. Golan — A Review and Synthesis, Foundations and Trends® in Econometrics. — 2006. — Т. 2. — № 1–2. — 145 с. — URL: <https://chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://fs2.american.edu/agolan/www/GolanReviewFoundations08.pdf> (дата обращения: 13.04.24).
9. Gray, R.M. Entropy and Information Theory / R.M. Gray. — DOI: <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-7970-4> // Springer, New York, NY, 2011. — 409 с. — URL: <https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4419-7970-4> (дата обращения: 13.04.24).
10. Jakimowicz A. The Role of Entropy in the Development of Economics / A. Jakimowicz — DOI: <https://doi.org/10.3390/e22040452> // *Entropy*. — 2020. Т. 22. — № 4. — URL: <https://www.mdpi.com/1099-4300/22/4/452> (дата обращения: 13.04.24).
11. Matokhin, V.V. Entropy approach to the analysis of banks' balance sheets / V.V. Matokhin, A.V. Sigal — DOI: <https://doi.org/10.17323/2587-814X.2023.1.53.65> // *Business Informatics*. — 2023. — Т. 17. — № 1. — С. 53–65. — URL: <https://bijournal.hse.ru/data/2023/03/30/2022551228/4.pdf> (дата обращения: 13.04.24).
12. Артемова, О.В. Новая реальность и хаос: к вопросу об изучении особенностей экономической динамики / О.В. Артемова, Н.М. Логачева, А.Н. Савченко. — DOI: <https://doi.org/10.31063/EASET/2022/Artemova.OV-1> // Жизнеспособность экономических теорий: проверка порядком и хаосом: сборник научных статей. — Екатеринбург: Институт экономики УрО РАН., 2022. — С. 5–20. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=50074966> (дата обращения: 13.04.24)

13. Громов, А.И. Энтропийный подход к моделированию бизнес-процессов / А.И. Громов, Ю.А. Ставенко // Перспективы развития информационных технологий. — 2011. — № 2. — С. 65–78. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/entropiynyy-podhod-k-modelirovaniyu-biznes-protssessov> (дата обращения: 13.04.24).
14. Исламутдинов, В.Ф. Предпосылки формирования комплексной теории стоимости на основе энтропийного подхода / В.Ф. Исламутдинов — DOI: <https://doi.org/10.34020/1993-4386-2023-3-104-117> // Сибирская финансовая школа. — 2023. № 3. — С. 104–117. — URL: https://www.researchgate.net/publication/376084867_PREDPOSYLKI_FORMIROVANIA_KOMPLEKSNOJ_TEORII_STOIMOSTI_NA_OSNOVE_ENTROPIJNOGO_PODHODA Prerequisites for the formation of a complex theory of value based on the entropy approach (дата обращения: 13.04.24).
15. Исламутдинов, В.Ф. О применении энтропийного подхода в экономических исследованиях об управлении экономическими системами / В.Ф. Исламутдинов, В.М. Куриков — DOI <https://doi.org/10.34020/1993-4386-2022-2-168-178>. // Сибирская финансовая школа. — 2022. — № 2. — С. 168–178. — EDN KWEBAL.
16. Кокин, А.В. Социально-экономические системы в условиях возрастания энтропии и сложности систем управления / А.В. Кокин, А.А. Кокин, М.Ю. Микрюкова // Государственное и муниципальное управление. Ученые записки. — 2019. — № 1. — С. 49–56.
17. Королев, О.Л. Применение энтропии при моделировании процессов принятия решений в экономике: монография / О.Л. Королев, М.Ю. Кусый, А.В. Сигал; под ред. проф. А.В. Сигала. — DOI 10.12737/1865188. — Москва: ИНФРА-М, 2022. — 202 с. — URL: <https://znanium.com/catalog/product/1865188> (дата обращения: 25.02.2024).
18. Меркулова, Т.Е. Энтропийный подход в анализе распределения доходов в обществе / Т.Е. Меркулова, А.А. Янцевич // Economics. № 4(14), 2014. С. 5–10. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/entropiynyy-podhod-v-analize-raspredeleniya-dohodov-v-obschestve/viewer> (дата обращения: 13.04.24).
19. Мусаев Л.А. Энтропийный подход к управлению рисками в экономических системах / Л.А. Мусаев — DOI: <https://doi.org/10.17213/2075-2067-2016-5-41-47> // ВЕСТНИК ЮРГТУ (НПИ). — 2016. № 5. — С. 41–46. — URL: <https://vestnik.npi-tu.ru/index.php/vestnikSRSTU/article/view/865> (дата обращения: 13.04.24).
20. Прохоров, А. Нелинейная динамика и теория хаоса в экономической науке: историческая перспектива / А. Прохоров // Квантиль. — 2008. — № 4. — С. 79–92. — EDN TGJHML.
21. Саночкина, Ю.В. Инновации как инструмент снижения энтропии экономических систем / Ю.В. Саночкина // Развитие науки, национальной инновационной системы и технологий: сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции 13 мая 2020 г.: Белгород, ООО Агентство перспективных научных исследований (АПНИ), 2020. — С. 115–118.
22. Чепьюк, О.Р. Энтропия в экономической науке: предвестник конца или нового начала? / О.Р. Чепьюк // Философия хозяйства. — 2016. — № 3(105). — С. 64–73. — EDN XETWPL.

23. Юдин, С.В. Информационно-статистические методы решения эконометрических, социологических и психометрических задач: монография / С.В. Юдин, А.С. Юдин. — М.: ИНФРА-М, 2018. — 199 с. — (Научная мысль). — www.dx.doi.org/10.12737/monography_5b065d81e98aa3.24037041.
24. Юдин, С.В. Задачи дискриминации и оценки стабильности процессов в экономике в условиях недостаточной информации / С.В. Юдин, А.С. Юдин, М.С. Рыкшин // Вестник евразийской науки. — 2022. — Т. 14. — № 6. — URL: <https://esj.today/PDF/19ECVN622.pdf> — EDN: PCDRJM.

Iudin Sergei Vladimirovich

Plekhanov Russian University of Economics, Tula, Russia
E-mail: svjudin@rambler.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0433-3331>
RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=158587

Minaev Vladimir Sergeevich

Plekhanov Russian University of Economics, Tula, Russia
E-mail: svjudin@rambler.ru
RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=713239

Assessment of the possibility of applying the methods of mathematical information theory to the analysis of economic inequality

Abstract. The article analyzes the literature devoted to the methods of mathematical information theory, the concepts of «information» and «entropy». The universality of this approach, which is widely used in mechanical engineering, instrumentation, and economics, is revealed.

The application of these methods in economic research has shown that their use is justified in solving problems of economic dynamics, the theory of decision-making in economics, the analysis of the stability of the distribution of finance, discrimination of groups of the population by economic indicators, the analysis of international trade, the assessment of the reliability of statistical hypothesis testing.

The authors, based on previous research and literature analysis, suggested that the same methods can be applied to assess the economic inequality of the population. The entropy approach has been applied in a number of papers to solve this problem, but there have been no tests of it on real statistical data.

Relevant studies were conducted on the statistical data of the Rosstat of the Russian Federation. The formulas obtained and verified by the research teams of Tula State University and the Tula branch of the Plekhanov Russian University of Economics were used for calculations.

Data from Rosstat of the Russian Federation for 1995–2022 were used: Distribution of total cash income by 20 percent of the population in Russia as a whole and by subjects of the Russian Federation; Gini coefficient (income concentration index) in Russia as a whole and by subjects of the Russian Federation; Fund ratio (the ratio of cash income of 10 % of the most and 10 % of the least well-off population) in Russia as a whole and across the subjects of the Russian Federation; Distribution of total monetary income by 20 percent of the population groups in the Russian Federation. Additionally, quintile coefficients were calculated.

The entropy was calculated according to the last distribution.

It was found that the coefficients of paired correlation between all traditional indicators exceed 0,98, while the paired correlation between entropy and them does not exceed 0,33. To provide additional confidence, the coefficients of information communication between entropy and other indicators were determined. It is shown that these coefficients are statistically insignificant.

It is proposed to conduct additional research based on the use of unique data rather than integral ones.

Keywords: information theory; entropy; economic theory; statistical analysis; economic inequality; correlation; information communication coefficient