Математичні моделі та методи

УДК 519.2: 519.6 **doi: 10.26906/SUNZ.2018.1.069**

В.Ю. Дубницкий[1], А.М. Кобылин[1], О.А. Кобылин[2]

[1] *Харьковский учебно-научный институт ГВУЗ Университета банковского дела, Харьков*
[2] *Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков*

ВЫЧИСЛЕНИЕ ЭНТРОПИИ СЛУЧАЙНОЙ ВЕЛИЧИНЫ, ПАРАМЕТРЫ КОТОРОЙ ЗАДАНЫ В ИНТЕРВАЛЬНОМ ВИДЕ В СИСТЕМЕ ЦЕНТР- РАДИУС

Предложена методика интервального вычисления энтропии случайной величины при замене оценок параметров распределения на их значения, определённые в интервальном виде в системе центр-радиус. Центром оценок параметров распределений принимали их значения, полученные по методу моментов. Радиусы оценок принимали равными полуширине их доверительных интервалов. Решение поставленной задачи рассмотрено для нормального распределения, логистического распределения, гамма-распределения, распределения Вейбулла, логарифмически нормального распределения, показательного распределения.

Ключевые слова: *энтропия случайной величины, интервальные вычисления, система центр-радиус, энтропия нормального распределения, энтропия логистического распределения, энтропия гамма-распределения, энтропия распределения Вейбулла, энтропия логарифмически нормального распределения, энтропия показательного распределения.*

Введение

При вычислении энтропии непрерывной случайной величины X, заданной своей плотностью распределения $f(x)$, возможны два варианта постановки этой задачи. В первом случае параметры распределения функции $f(x)$ известны заранее. Тогда энтропию определяют по условию:

$$H(X) = -\int_{-\infty}^{\infty} f(x)\ln f(x)dx \;\; (\textit{нит}). \quad (1)$$

Далее в работе принято, что при определении численного значения энтропии наименование *(нит)* указываться не будет.

Во втором случае непрерывная случайная величина X задана множеством $\widehat{X}$ своих выборочных значений. В этом случае определение энтропии из разряда вероятностных задач переходит в разряд статистических. Возникающие при этом погрешности вследствие замены параметров распределений их оценками и будут рассмотрены на примере специально проведенного численного эксперимента.

Анализ литературы. Основные числовые характеристики выборки такие, как среднее значение $\overline{x}$ и среднеквадратическое отклонение s могут быть определены по результатам построения гистограммы для соответствующих выборочных значений. Расчет энтропии случайной величины *X* по её гистограмме описан в работе [1]. В том случае, когда по результатам построения гистограммы принята статистическая гипотеза о соответствии полученных выборочных наблюдений какому-либо закону распределения, то после определения его параметров получают оценку энтропии:

$$h(x) = -\int_{-\infty}^{\infty} f(x)\ln f(x)dx \,. \quad (2)$$

В данной работе, для сохранения преемственности с работой [2], рассмотрены наиболее распространённые виды законов распределений случайных величин, используемые в прикладных задачах: нормальный закон распределения, логистический закон распределения, гамма-распределение, распределение Вейбулла, логарифмически нормальный закон распределения, показательный закон распределения. В настоящей работе принят следующий подход к решаемой задаче. По предположению принимаем, что непрерывная случайная величина X задана функцией плотности распределения вида:

$$f = f(x;\lambda,\mu)\,; \quad (3)$$

где λ,μ – параметры распределения. Оценки $\hat{\lambda},\hat{\mu}$ параметров распределения λ,μ в свою очередь можно представить в виде функций таких статистических характеристик выборки, как среднее значение $\overline{x}$ и среднеквадратическое отклонение s, то есть:

$$\hat{\lambda} = u(\overline{x},s)\,; \quad \hat{\mu} = v(\overline{x},s)\,. \quad (4)$$

Следовательно,

$$h(x) = -\int_{-\infty}^{\infty} \ln f(x;\hat{\lambda},\hat{\mu})\cdot f(x;\hat{\lambda},\hat{\mu})dx = w\left(\hat{\lambda},\hat{\mu}\right) \quad (5)$$

или:

$$h(x) = w(u(\overline{x},s), v(\overline{x},s) = \phi(\overline{x},s)\,. \quad (6)$$

В работе [2] были получены результаты, использованные в данной работе. В табл. 1 приведены необходимые сведения об использованных в работе типах плотностей распределения. Сведения об энтропии соответствующих плотностей распределения приведены в работе [3] и показаны в табл. 2.

Таблица 1

Функции плотности распределения и оценки их параметров

Тип распределения (условное обозначение)	Плотность распределения	Зависимость параметров распределения от его начальных характеристик
Функции плотности распределения при условии: $-\infty < x < \infty$		
Нормальное распределение	$f(x)=\dfrac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}}\exp\left(-(x-\mu)^2\Big/\left(2\lambda^2\right)\right)$	$\mu=m$; $\lambda=s$
Логистическое распределение	$f(x)=\dfrac{\exp((x-\mu)/\lambda)}{\lambda\left[1+\exp((x-\mu)/\lambda)\right]^2}=\dfrac{1}{4\lambda\mathrm{ch}^2((x-\mu)/(2\lambda))}$	$\mu=m$; $\lambda=\dfrac{s\sqrt{3}}{\pi}=0{,}55133s$
Функции плотности распределения при условии: $0\le x<\infty$		
Гамма-распределение	$f(x)=\left(\lambda^{\mu}/\Gamma(\mu)\right)\cdot x^{\mu-1}e^{-\lambda x}$, $x>0$	$\mu=(\bar{x})^2/s^2$; $\lambda=m/s^2$
Распределение Вейбулла	$f(x)=(\lambda/\mu)(x/\mu)^{\lambda-1}\exp\left[-(x/\mu)^{\lambda}\right]$	Выражение в явном виде отсутствует
Логарифмически нормальное распределение	$f(x)=\dfrac{1}{\lambda x\sqrt{2\pi}}\exp\left\{-\dfrac{\left[\ln(x/\mu)\right]^2}{2\lambda^2}\right\}$	$\mu=\ln\left(\bar{x}\Big/\sqrt{1+(s/\bar{x})^2}\right)$; $\lambda=\sqrt{\ln\left(1+(s/\bar{x})^2\right)}$
Показательное распределение	$f(x)=\lambda\exp(-\lambda x)$	$\lambda=1/\bar{x}$

Таблица 2

Энтропия случайной величины как функция параметров её распределения (столбец 2) и числовых характеристик выборки (столбец 3)

Вид функции плотности распределения	Функция $h(x)=\omega(\lambda,\mu)$	Функция $h=\phi(\bar{x},s)$.
Нормальное распределение	$h(x)=\ln\left(2\pi e\lambda^2\right)\Big/2$	$h(x)=\ln\left(2\pi es^2\right)\Big/2$
Логистическое распределение	$h(x)=\ln\left(\lambda e^2\right)$	$h(x)=\ln\left(5{,}1910s^2\right)\Big/2$
Гамма-распределение	$h(x)=$ $=\ln\left[\Gamma(\mu)\right]-\ln\lambda+\mu+(1-\mu)\Psi(\mu)$	$h(x)=\ln\left[\Gamma\left(\dfrac{\bar{x}^2}{s^2}\right)\right]-\ln\dfrac{m}{s^2}+\dfrac{\bar{x}^2}{s^2}+\left(1-\dfrac{\bar{x}^2}{s^2}\right)+\Psi\left(\dfrac{\bar{x}^2}{s^2}\right)$
Распределение Вейбулла	$h(x)=\ln(\mu/\lambda)+C\cdot(\lambda-1)/\lambda+1$	Выражение в явном виде отсутствует
Логарифмически нормальное распределение	$h(x)=\ln\left(2\pi e\lambda^2\mu^2\right)$	$h(x)=\ln\left(2\pi e\ln\left(1+(s/\bar{x})^2\right)\ln^2\left(\bar{x}\Big/\sqrt{1+(s/\bar{x})^2}\right)\right)$
Показательное распределение	$h(x)=\ln(e/\lambda)$	$h(x)=\ln(\bar{x}e)$

В табл. 2 и далее принято, что $\Gamma(\mu)$ – гамма-функция аргумента μ, $\Psi(\mu)$ – дигамма-функция аргумента μ, [4], определяемая по условию:

$$\Psi(\mu)=\frac{d}{d\mu}\ln\Gamma(\mu)=\frac{\Gamma'(\mu)}{\Gamma(\mu)}\,; \qquad (7)$$

С- постоянная Эйлера, С=0,5772.

Так как энтропия случайной величины есть величина вычисляемая, но не измеряемая, то для корректного определения её численного значения необходимо знание относительной погрешности, возникающей в процессе вычислений. Для этого в работе [2] использованы модели определения погрешности косвенных измерений и определения относительной погрешности. Анализ полученных в этой работе результатов позволил сделать вывод о том, что корректное применение этих методов требует неоправданно больших и подробных исследований в области математической статистики. Поэтому было решено использовать для этой цели интервальные вычисления и разработанные авторами специализированные программные калькуляторы [5, 6].

Постановка задачи. Предложить методику интервального вычисления энтропии случайной величины при замене оценок параметров распределения на их значения, определённые в интервальном виде в системе центр-радиус.

Полученные результаты

Численный эксперимент по получению интервальной оценки энтропии случайной величины, заданной плотностью своего распределения, состоял из нескольких этапов. На первом этапе были получены исходные данные. Для этого были использованы последовательности псевдослучайных чисел, распределённых по нормальному закону, логистическому закону распределения, гамма-распределению, распределению Вейбулла, логарифмически нормальному закону распределения и показательному закону распределения. Псевдослучайные числа получены программной системой STATGRAPHICS XV. I. Объём каждой выборки n = 200. При этом было принято в качестве начального условия то, что все псевдослучайные выборки, предназначенные для последующего анализа, имели среднее значение $\overline{x}$ =200 и среднеквадратическое отклонение s = 40.

Все представленные в табл. 2 функции энтропии собраны в две группы. В первую группу вошли однопараметрические функции энтропии, то есть энтропии соответствующие нормальному, логарифмически нормальному и показательному распределению. Во вторую группу вошли двухпараметрические функции энтропии, то есть энтропии соответствующие гамма-распределению, распределению Вейбулла и логарифмически нормальному закону распределения. Значения числовых характеристик и оценок параметров законов распределения для полученных выборок приведены в табл. 3 (столбец ЧХП – числовые характеристики выборок и параметры законов распределения).

Таблица 3

Числовые характеристики выборок и параметры законов распределения

ЧХП	Однопараметрическая функция энтропии			Двухпараметрическая функция энтропии		
	Типы законов распределения					
	Нормальный	Логистический	Показательный	Логарифмически нормальный	Гамма-распределение	Распределение Вейбулла
$\overline{x}$	197,5519	197,4389	210,1682	198,73214	198,827	203,891
s	39,1722	44,4990	217,6709	39,54030	42,1772	40,7029
$\hat{\lambda}$	197,5519	197,4389	$\hat{\lambda}(\overline{x}) = 0,00475$; $\hat{\lambda}(s) = 0,00459$	0,20032	0,11768	5,82824
$\hat{\mu}$	39,1722	21,5956	-	5,27222	22.22256	215,93098

Следует обратить внимание на численные значений оценки $\hat{\lambda}$ параметра λ, входящего в показательное распределение. Из свойств показательного распределения, указанных в работе [8], известно:

$$\lambda = 1/m = 1/s\,. \tag{8}$$

Отсюда следует, что $m = s$. В то же время использование выборочных данных и, как следствие, получение оценок этих величин приводит к нарушению равенства (8) и получению различных численных значений параметра λ. Поэтому в табл. 3 приведены значения оценки $\hat{\lambda}$ параметра λ как функции аргументов $\overline{x}$ и s. Эта особенность работы датчиков псевдослучайных чисел отмечена в работе [9].

В данной работе использованы интервальные вычисления в системе центр – радиус, сведения о которых приведены в работах [5, 6]. Центром интервала принимали численные значения соответствующих параметров распределения, полученные по методу моментов и оценённые по модельным выборкам. Выражения для получения их численных значений приведены в табл. 1. Радиус интервала принимали равным полуширине доверительного интервала оцениваемого параметра.

Используя условия (2), (3), (4), (6) представим выборочную энтропию в виде

$$h(x) = \\ = -\int_{-\infty}^{\infty} \ln f(x; u(\overline{x},s), v(\overline{x},s)) f(x; u(\overline{x},s), v = \phi(\overline{x},s)). \tag{9}$$

Доверительные интервалы для величин $\overline{x}$ и s определяли по общепринятым методикам в том виде, в котором они изложены в работе [7]. Верхнее значение для величины $\overline{x}$ определим по условию:

$$\overline{x}^{в}(\gamma) = \overline{x} + t_{\gamma}\frac{s}{\sqrt{n}}\,, \tag{10}$$

где n – объём выборки, t_{γ} – γ-квантиль распределения Стьюдента с (n – 1) степенью свободы. При уровне доверительной вероятности $\alpha = 0,95$ получим, что $\gamma = (1+\alpha)/2 = 0,975$. Нижнее значение определим по условию

$$\overline{x}^{н}(\gamma) = \overline{x} - t_{\gamma}\frac{s}{\sqrt{n}}\,. \tag{11}$$

Из условий (10) и (11) получим, что

$$\Delta_{\gamma}(\overline{x}) = \overline{x}^{в}(\gamma) - \overline{x}^{н}(\gamma) = 2t_{\gamma}\frac{s}{\sqrt{n}}\,. \tag{12}$$

Определим верхнюю и нижнюю границы величины s:

$$s_n^{в} = \sqrt{(n-1)/\chi^2(\gamma'')}\cdot s\,. \tag{13}$$

$$s_n^{н} = \sqrt{(n-1)/\chi^2(\gamma')}\cdot s\,. \tag{14}$$

В условиях (13, 14) принято, что $\chi^2(\gamma) - \gamma$ - квантиль распределения χ^2 с (n – 1) степенью свободы, $\gamma' = (1+\alpha)/2$, $\gamma'' = (1-\alpha)/2$. Отсюда следует:

$$\Delta_{\gamma}(s) = s\left[\sqrt{(n-1)/\chi^2(\gamma'')} - \sqrt{(n-1)/\chi^2(\gamma')}\right]. \tag{15}$$

Следовательно, интервальные числа:

$$\overline{X}(\overline{x}; r_{\overline{x}}) = (\overline{x}; _{\gamma}\frac{s}{\sqrt{n}})\,; \tag{16}$$

$$S(s;r_s)=\left(s;\frac{\Delta_\gamma(s)}{2}\right)=\left(s;\frac{s}{2}\left[\sqrt{\frac{n-1}{\chi^2(\gamma'')}}-\sqrt{\frac{n-1}{\chi^2(\gamma')}}\right]\right). \quad (17)$$

Отметим, что для нормального закона распределения параметр $\hat{\lambda}=s$. Для логистического закона распределения получим, используя табл. 1 и условие (17), интервальное значение параметра

$$\Lambda(\lambda;r_\lambda)=(0.55135;0)\cdot S(s;r_s). \quad (18)$$

Для показательного распределения выражение в системе центр-радиус для параметра $\lambda(m)$, используя результаты работы [10], получим в виде:

$$\Lambda(\hat{\lambda}(m);r_{\lambda(m)})=\left((n-1)\Big/\sum_{i=1}^{n}x_i;\ 1\Big/\sum_{i=1}^{n}x_i\cdot\left[\chi^2_{2n(1-\beta)/2}-\chi^2_{2n(1+\beta)/2}\right]\right) \quad (19)$$

Для вычисления энтропии непрерывной случайной величины, распределённой по логарифмически нормальному закону, как это следует из сведений, приведенных в табл. 2, необходимо знание оценок $\hat{\mu}$ и $\hat{\lambda}$ параметров μ и λ. Для их определения использовали работы [11,12]:

$$\hat{\mu}=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\ln x_i,\quad \hat{\lambda}=\sqrt{\sum_{i=1}^{n}\left(\ln x_i-\hat{\mu}\right)^2\Big/(n-1)}. \quad (20)$$

Полученные в условии (20) оценки использовали в качестве центров соответствующих интервальных значений, их радиусы определяли по условиям (16) и (17) с поправкой, учитывающей логарифмирование исходных значений.

Интервальные значения параметров $\hat{\mu}$ и $\hat{\lambda}$, входящие в распределение Вейбулла, определяют, используя следующую последовательность действий. Оценки $\hat{\lambda}$ и $\hat{\mu}$ параметров λ и μ получают, используя методику, изложенную в работе [13]. Полученные результаты соответствуют центральному значению этих оценок. Значения радиусов оценок $\hat{\lambda}$ и $\hat{\mu}$ принимали равными половине величины их доверительных интервалов. Метод получения значений доверительных интервалов для параметров распределения Вейбулла изложен в работе [14]. Радиус оценки $\hat{\lambda}$ определим по условию:

$$r_\lambda=\frac{\hat{\lambda}}{2}\left[\left(1-u_\gamma\sqrt{\frac{0.608}{n}}\right)^{-1}-\left(1+u_\gamma\sqrt{\frac{0.608}{n}}\right)^{-1}\right]. \quad (21)$$

Радиус оценки $\hat{\mu}$ определим по условию:

$$r_\mu=0,5\cdot\hat{\mu}\cdot\left[\exp\left(-z_u/\hat{\lambda}\right)-\exp\left(-z_l/\hat{\lambda}\right)\right], \quad (22)$$

а величины

$$z_u=-u_\gamma\sqrt{1,108/n};\quad z_l=u_\gamma\sqrt{1,108/n}. \quad (23)$$

В условиях (21) - (23) принято, что u_γ - квантиль нормального распределения, соответствующая вероятности γ, *n* – количество наблюдений. В данной работе принято, что γ =0,95; u_γ = 1,645.

Интервальные значения параметров λ и μ, входящие в гамма-распределение определяют, используя следующую последовательность действий. Способ получения оценок $\hat{\lambda}$ и $\hat{\mu}$ параметров λ и μ приведен в табл. 1. Значения радиусов оценок $\hat{\lambda}$ и $\hat{\mu}$ также принимали равными половине величины их доверительных интервалов. Метод получения значений доверительных интервалов для параметров гамма-распределения изложен в работе [15]. Радиус оценки $\hat{\mu}$ величины μ определим по условию:

$$r_\mu=u_\gamma\sqrt{2\mu(\mu+1)/n}. \quad (24)$$

Радиус оценки $\hat{\lambda}$ величины λ определяли по условию:

$$r_\lambda=u_\gamma\cdot\left(1\big/\left(\lambda\sqrt{n}\right)\right)\cdot\sqrt{2+3/\mu}. \quad (25)$$

Результаты вычисления в интервальном виде в системе центр-радиус энтропии непрерывной случайной величины для рассмотренных в работе плотностей её распределения приведены в табл. 4.

Полученные результаты позволяют сравнивать численные значения оценок энтропий для различных типов распределения, определяемых по результатам наблюдений.

Таблица 4

Результаты вычисления в интервальном виде энтропии непрерывной случайной величины

Тип закона распределения	Параметры закона распределения				Оценка энтропии *(нит)*		
	$\hat{\mu}$	r_μ	$\hat{\lambda}$	r_λ	В системе центр-радиус		В классическом интервальном виде
					h	r_h	(a; b)
Нормальное распределение	-	-	39,1722	3,8825	5,0819	0,0994	(4,9825;5,1814)
Логистическое распределение	-	-	44,4990	4,0049	5,0514	0,5556	(4,4958;5,6070)
Гамма-распределение	22,2225	3,7367	0,1177	0,0195	5,0491	0,8711	(4,1780;5,9202)
Распределение Вейбулла	215,9309	26,3904	5,8282	0,5325	5,0865	0,0235	5,0630;5,1100)
Логарифмически нормальное распределение	5,2722	0,0279	0,2003	0,0199	1,4685	0,1050	(3635;1,5736)
Показательное распределение	-	-	0,0048	$7\cdot10^{-4}$	6,3760	0,1179	(6,2581;6,4939)

Выводы

1. Предложена методика интервального вычисления энтропии случайной величины при замене оценок параметров распределения на их значения, определённые в интервальном виде в системе центр-радиус.

2. Центром оценок параметров распределений принимали их значения, полученные по методу моментов.

3. Радиусы оценок принимали равными полуширине их доверительных интервалов.

4. Решение поставленной задачи рассмотрено для нормального распределения, логистического распределения, гамма-распределения, распределения Вейбулла, логарифмически нормального распределения, показательного распределения.

Список литературы

1. Дубницкий В.Ю. Устойчивость оценки энтропии гистограммы непрерывной случайной величины по отношению к изменению количества её интервалов / В.Ю. Дубницкий, Л.Д. Филатова, А.И. Ходырев // Системи управління, навігації та зв'язку. – Полтава : ПНТУ, 2017. – Вип. 5(45). – С. 42-46.

2. Дубницкий В.Ю. Относительная погрешность оценки энтропии непрерывной случайной величины, заданной плотностью распределения / В.Ю. Дубницкий, Л.Д. Филатова, А.И. Ходырев // Системи управління, навігації та зв'язку. – Полтава : ПНТУ, 2017. – Вип. 6(46). – С. 98-102.

3. Michlowicz J. V. Handbook of DIFFERENTIAL ENTROPY / J.V. Michlowicz, J.M. Nichols, Bucholtz F. – New York.: A.CHAPMAN & HALL, 2014. – 220 p.

4. Бейтмен Г. Высшие трансцендентные функции. Гипергеометрическая функция. Функции Лежандра. / Г. Бейтмен, А. Эрдейи – М.: НАУКА, 1973. – 296 с.

5. Дубницкий В.Ю. Вычисление элементарных функций с интервально заданным аргументом, определённым в системе центр-радиус / В.Ю. Дубницкий, А.М. Кобылин, О.А. Кобылин // Системи обробки інформації. – Х.: ХУПС, 2016. – Вип. 7 (144). – С. 107-121.

6. Дубницкий В.Ю. Интервальные вычисления в системе центр-радиус значений гамма-функции, неполной гамма-функции, бета-функции и дигамма-функции / В.Ю. Дубницкий, АМ. Кобылин, О.А. Кобылин // Системи управління, навігації та зв'язку. – 2017. – Вип.4 (44). – С. 35-39.

7. Кобзарь А.И. Прикладная математическая статистика. Для инженеров и научных работников / А.И. Кобзарь – Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2006. – 816 с.

8. Вадзинский Р.Н. Справочник по вероятностным распределениям. / Р.Н. Вадзинский. – М.: НАУКА, 2001. – 295 с.

9. Дубницкий В.Ю. Сравнительный анализ датчиков случайных чисел систем Statgraphics и Mathcad / В.Ю. Дубницкий, А.Г. Проценко // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – 2009. – № 7. – С. 85-88.

10. Приходько С.Б. Определение доверительного интервала точечной оценки параметра экспоненциального распределения / С.Б. Приходько, Л.Н. Макарова // Проблеми інформаційних технологій. – 2012. – № 2. – С. 84-87.

11. ГОСТ 11.009-79. Система управления качеством продукции. Прикладная статистика. Правила определения оценок и доверительных границ для параметров логарифмически нормального распределения.

12. ГОСТ 12.4.119-82. Средства индивидуальной защиты органов дыхания. Метод оценки защитных средств по аэрозолям.

13. Дубницкий В.Ю. Решение в неявном виде обратной задачи моделирования непрерывной случайной величины. / В.Ю. Дубницкий, И.Г. Скорикова // Системи обробки інформації. – Х.: ХУПС, 2015. – Вип. 3(128). – С. 47-52.

14. ГОСТ 11.007-75. Правила определения оценок и доверительных границ для параметров распределения Вейбулла.

15. ГОСТ 11.011-83. Правила определения оценок и доверительных границ для параметров гамма- распределения.

Надійшла до редколегії 28.11.2017

Рецензент: д-р техн. наук, проф. О.О. Можаєв, Національний технічний університет «ХПІ», Харків.

ОБЧИСЛЕННЯ ЕНТРОПІЇ ВИПАДКОВОЇ ВЕЛИЧИНИ, ПАРАМЕТРИ ЯКОЇ ЗАДАНІ В ІНТЕРВАЛЬНОМУ ВИГЛЯДІ В СИСТЕМІ ЦЕНТР-РАДІУС

В.Ю. Дубницький, А.М. Кобилін, О.А. Кобилін

Запропоновано методику інтервального обчислення ентропії випадкової величини при заміні оцінок параметрів розподілу на їх значення, визначені в інтервальному вигляді в системі центр-радіус. Центром оцінок параметрів розподілів приймали їх значення, отримані по методу моментів. Радіуси оцінок приймали рівними напівширині їх довірчих інтервалів. Розв'язання поставленої задачі розглянуто для нормального розподілу, логістичного розподілу, гамма-розподілу, розподілу Вейбулла, логарифмічно-нормального розподілу, показникового розподілу.

Ключові слова: *ентропія випадкової величини, інтервальні обчислення, система центр-радіус, ентропія нормального розподілу, ентропія логістичного розподілу, ентропія гамма-розподілу,ентропія розподілу Вейбулла, ентропія логарифмічно-нормального розподілу, ентропія показникового розподілу.*

ENTROPY CALCULATION OF A RANDOM VALUE WHOSE PARAMETERS ARE SET IN INTERVAL FORM IN CENTER-RADIUS SYSTEM

V. Yu. Dubnitskiy, A.M. Kobylin, O.A. Kobylin

Interval calculation method is proposed for entropy of a random value in substitution of distribution parameters estimates for their values determined in interval form in center-radius system. The center of distribution parameter estimates were assumed as their values obtained by method of moments. Estimate radii were assumed to equal half width of their confidence intervals. This problem solution is studied for normal distribution, logistical distribution, gamma distribution, Weibull's distribution, logarithmic normal distribution, exponential distribution.

Keywords: *random value entropy, interval calculation, center-radius system, normal distribution entropy, logistical distribution entropy, gamma distribution entropy, Weibull's distribution entropy, logarithmic normal distribution entropy, exponential distribution entropy.*