

УДК621.391.8:51921

В.К. Маригодов, профессор, д-р техн. наук,

Э.Ф. Бабуров, профессор, д-р техн. наук,

В.В. Чмут, доцент, канд. техн. наук

Севастопольский национальный технический университет

ул. Университетская, 33, г. Севастополь, Украина, 99053

E-mail: root@sevgtu.sebastopol.ua

ЭКСПЕРТНАЯ ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ИЗДЕЛИЯ НА ОСНОВЕ ЭНТРОПИЙНОГО ПОДХОДА

На основе массива прямых экспертных опросов, относящихся к качественным показателям изделия, в качестве которого выбрана систем радиосвязи, определена энтропия системы и аналог кривой распределения.

Ключевые слова: массив экспертной информации, энтропийная оценка, плотность частоты событий, энтропия, гистограмма процесса, полигон частот.

Введение. Постановка проблемы и её связь с научно-техническими задачами. При оптимизации производственных процессов необходимо располагать сведениями о качественных параметрах выпускаемого изделия по отдельным показателям и техническим характеристикам, на основании которых можно решать задачи параметрической оптимизации. Крайне важно также определить по ряду показателей эффективности обобщенную оценку качества изделия. Для этой цели можно применить массив экспертной оценки, полученный в результате проведения лабораторных или полевых испытаний. Прямые опросы экспертов составляются в результате ответов на ряд вопросов, включенных в специально разработанную социологическую анкету. В качестве экспертов целесообразно использовать высококвалифицированных в данной области специалистов.

Для обобщенного показателя качества изделия предлагается составить первичную статистическую совокупность экспертных оценок [1] в виде энтропийной системы (изделия), построенной на основе апостериорных вероятностей прямых экспертных оценок. При этом более достоверные результаты обычно достигаются при достаточно большом количестве экспертов и многобалльной шкале оценок.

Анализ последних публикаций и исследований. Первые публикации в области обработки массивов экспертной информации имеются в педагогических исследованиях. К ним можно, например, отнести разработку экспертных систем для оценки эффективности педагогических систем [2], а также показателей развития творческой деятельности студентов [3]. Известны также работы, связанные с энтропийной оценкой совершенной стойкости шифра [4] и показателей качества обучения [5]. Отдельные исследования посвящены статистической обработке результатов экспертной информации по оценке знаний студентов [6], а также экспертным системам оценивания эффективности методов научных исследований и творчества [7].

В указанных публикациях массивы экспертных оценок формировались на основе многобалльной шкалы экспертных опросов без учета универсального критерия, в качестве которого может быть использована обобщенная энтропия, рассчитанная по совокупности апостериорных вероятностей отдельных составляющих массива экспертных оценок.

Цель исследований. Она состоит в том, чтобы на основе массива экспертной информации, содержащейся в полученных энтропийных значениях эффективности системы (изделия), определить плотность частоты событий и построить гистограмму как аналог функции распределения случайной величины, характеризующей обобщенную эффективность исследуемой системы.

Энтропия результирующих показателей качества системы при оценке одного из экспертов. В качестве контролируемого изделия выберем малокабельную радиорелейную станцию "Малютка", которая находит широкое применение в системах передачи телефонных и телеграфных сообщений. В оценке эффективности этой станции принимало участие 100 экспертов, которые выбирались из числа высококвалифицированных специалистов в области радиоэлектроники. Эксперты определялись из преподавательского состава севавтопольских вузов и промышленных предприятий. Для оценки качества изделия каждый эксперт получал специально разработанную социологическую анкету с вопросами, характеризующими основные качественные показатели станции и предложенной 100-балльной шкалой оценок. При этом энтропия $H(X)$ определялась по формуле

$$H(X) = -\sum_{i=1}^n p(x_i) \ln \cdot p(x_i), \quad (1)$$

где $p(x_i)$ – апостериорные вероятности прямых экспертных оценок на основе экспертных опросов; n – число оцениваемых параметров.

В таблице 1 приведены результаты экспертных оценок качественных показателей станции по данным одного эксперта. Энтропия в (1) имеет размерность натуральных единиц на один отчет. Для определения $p(x_i)$ оценка эксперта в баллах относилась к максимально возможному количеству баллов, т.е. к 100. По найденным значениям $H_i(X)$ в таблице 1 находилась результирующая энтропия оценки для каждого из экспертов

$$H(X) = \sum_{i=1}^7 H_i(X). \quad (2)$$

Так для данных таблицы 1 получаем $H(X) = 1,82$. Это значение отображено строкой $k = 1$ в таблице 2, где k – порядковый номер эксперта в статистической совокупности неупорядоченных экспертных оценок.

Таблица 1 – Энтропия оценок качества

Параметры станции	Оценка в баллах	$p(x_i)$	$H_i(X)$
Помехоустойчивость	90	0,90	0,1054
Пропускная способность	70	0,70	0,2490
Разрешающая способность	85	0,85	0,1381
Электромагнитная совместимость	50	0,50	0,3466
Надежность	65	0,65	0,2750
Точность	45	0,45	0,3590
Стоимость	59	0,59	0,3431

Неупорядоченная совокупность экспертных оценок. Она представлена в виде рассчитанных по формуле (2) значений результирующей энтропии согласно оценок каждого эксперта по семи параметрам, характеризующим качественные показатели радиорелейной станции, которые включены в таблицу 1. Упомянутая совокупность отображена в таблице 2.

Для построения гистограммы, которая может служить аналогом распределения случайной величины $H(X)$, необходимо на основании данных таблицы 2 построить упорядоченную статистическую совокупность массива экспертных оценок, в которой энтропия расположена в порядке возрастания.

Таблица 2 – Неупорядоченная статистическая совокупность экспертных оценок

1	1,82	21	1,27	41	1,23	61	2,84	81	2,58
2	1,24	22	0,59	42	1,18	62	1,29	82	2,64
3	0,57	23	0,70	43	3,10	63	1,39	83	2,87
4	0,68	24	0,81	44	0,53	64	1,55	84	2,59
5	0,86	25	0,92	45	0,61	65	0,89	85	3,12
6	1,00	26	1,60	46	1,58	66	0,95	86	2,58
7	0,78	27	3,40	47	1,45	67	1,50	87	2,60
8	2,15	28	2,90	48	3,38	68	2,14	88	1,65
9	2,74	29	2,81	49	3,12	69	3,20	89	1,67
10	3,63	30	0,75	50	2,50	70	3,31	90	2,95
11	2,45	31	0,64	51	2,30	71	2,80	91	2,19
12	2,10	32	0,40	52	1,63	72	2,48	92	2,17
13	0,85	33	1,22	53	1,78	73	2,37	93	1,90
14	0,62	34	1,15	54	1,88	74	3,40	94	2,32
15	0,48	35	1,53	55	2,00	75	1,75	95	2,85
16	0,83	36	3,36	56	2,16	76	1,86	96	2,89
17	1,35	37	2,86	57	2,20	77	2,12	97	2,24
18	1,40	38	3,18	58	1,28	78	3,00	98	2,22
19	2,95	39	1,38	59	1,30	79	2,47	99	3,40
20	3,30	40	1,26	60	3,27	80	2,40	100	3,14

Гистограмма экспертных оценок и полигон частот

Для построения гистограммы необходимо на основе таблицы 2 сформировать упорядоченную статистическую совокупность экспертных оценок, которая фактически представляет собой протокол результатов экспертного опроса. Для решения этой задачи составляется таблица 3.

В таблице 3 значения энтропии расположены в порядке возрастания. Заметим, что в таблицах 2, 3 номера экспертов не совпадают, т.е. $k \neq m$. Далее необходимо построить так называемый группированный статистический ряд (таблица 4). Для этого весь участок оси абсцисс, на котором расположены значения случайной величины $H(X)$ в таблице 3 делится на участки или разряды. Длины разрядов целесообразно выбрать одинаковыми. Здесь удобно организовать 10 разрядов.

Таблица 3 – Упорядоченная статистическая совокупность экспертных оценок

m	$H(x)$	m	$H(x)$	m	$H(x)$	m	$H(x)$	m	$H(x)$
1	0,40	21	1,15	41	1,63	61	2,22	81	2,81
2	0,48	22	1,18	42	1,65	62	2,24	82	2,84
3	0,53	23	1,22	43	1,67	63	2,30	83	2,85
4	0,57	24	1,23	44	1,70	64	2,32	84	2,86
5	0,59	25	1,24	45	1,75	65	2,37	85	2,87
6	0,61	26	1,26	46	1,78	66	2,40	86	2,89
7	0,62	27	1,27	47	1,82	67	2,45	87	2,90
8	0,64	28	1,28	48	1,86	68	2,47	88	2,95
9	0,68	29	1,29	49	1,88	69	2,48	89	3,00
10	0,70	30	1,30	50	1,90	70	2,50	90	3,10
11	0,75	31	1,35	51	1,95	71	2,52	91	3,12
12	0,78	32	1,38	52	2,00	72	2,58	92	3,14
13	0,81	33	1,39	53	2,10	73	2,59	93	3,18
14	0,83	34	1,40	54	2,12	74	2,60	94	3,20
15	0,85	35	1,45	55	2,14	75	2,62	95	3,27
16	0,86	36	1,50	56	2,15	76	2,64	96	3,30
17	0,89	37	1,53	57	2,16	77	2,70	97	3,31
18	0,92	38	1,55	58	2,17	78	2,74	98	3,36
19	0,95	39	1,58	59	2,19	79	2,76	99	3,38
20	1,00	40	1,60	60	2,20	80	2,80	100	3,40

Таблица 4 – Группированный статистический ряд

Разряды	0,40...0,70	0,70...1,00	1,00...1,30	1,30...1,60	1,60...1,90
Частота f_k	0,09	0,1	0,1	0,1	0,1
Разряды	1,90...2,20	2,20...2,50	2,50...2,80	2,80...3,10	3,10...3,40
Частота f_k	0,1	0,1	0,1	0,1	0,11

Частота f_k определяется для каждого из рядов как отношение количества экспертных опросов, в которых значение энтропии попало в соответствующий разряд, к общему количеству экспертов.

Для построения гистограммы экспертных оценок необходимо определить высоту прямоугольника, соответствующего каждому разряду, по формуле

$$h_i = v / (n \cdot L_i), \quad (3)$$

где v – число выборочных точек в разряде; n – объем выборок (число экспертов); L_i – длина интервала между граничными значениями энтропии $H(X)$ в разряде.

Гистограмма экспертных оценок изображена на рисунке 1. На этом же рисунке показана кусочно-линейная аппроксимация функции распределения, которая получена в виде отрезков прямых, проведенных через средние точки вершин прямоугольников гистограммы. Эта ломаная линия может с некоторым приближением аппроксимировать функцию распределения $h_i = F[H(X)]$. Для более точной аппроксимации функции распределения можно считать, что на первых четырех разрядах (0,4...1,6), а также на последних трех разрядах (2,50...3,40) имеет место нормальное распределение. В средней части гистограммы (разряды 1,6...2,50) распределение приближенно можно считать равномерным.

Полигон частот или таблицу плотностей частоты можно получить разделив значения каждой частоты f_k (таблица 4) на длину соответствующего разряда. Поскольку длины разрядов выбраны одинаковыми, то в результате получим линейную зависимость.

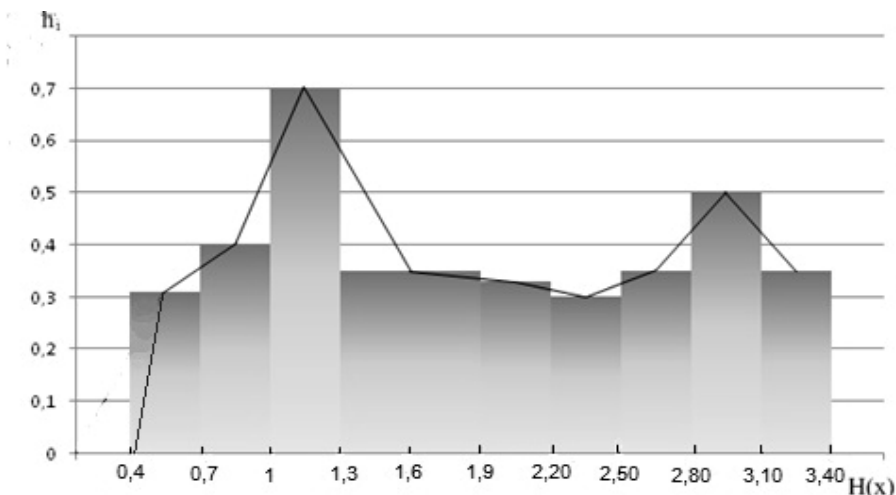


Рисунок 1 – Гистограма експертних оцінок

Заключення. Таким образом, на основе первичной неупорядоченной совокупности массива экспертных оценок получена упорядоченная статистическая совокупность, характеризующая качественные показатели изделия (радиорелейной станции) по семи основным параметрам. В качестве обобщенного критерия оценки выбрана энтропия, т.е. используется энтропийный подход.

Для получения энтропийных оценок качества на основе найденных балльных значений была определена апостериорная вероятность для каждого из показателей и построена гистограмма, представляющая собой статистический аналог функции распределения.

К дальнейшим исследованиям в данном направлении можно отнести решение задачи подбора для полученных законов распределения достоверных аналитических формул для выравнивания статистических распределений на основе гистограммы экспертных оценок.

Бібліографічний список використаної літератури

1. Вентцель Е.С. Теория вероятностей и её инженерные приложения / Е.С. Вентцель, Л.А. Овчаров. — М.: Высш. шк., 2000. — 480 с.
2. Маригодов В.К. Экспертная система в педагогических исследованиях/ В.К. Маригодов, А.А. Слободянюк, Т. Барски // Специалист. — 2001. — № 1. — С. 29–32.
3. Маригодов В.К. Экспертная оценка показателей развития творческой активности студентов/ В.К. Маригодов, А.А. Слободянюк // Специалист. — 2002. — № 1, 2. — С. 32–33.
4. Маригодов В.К. Энтропийная оценка совершенной стойкости шифра / В.К. Маригодов, В.Л. Хайков// Вестник СевНТУ. Сер. Информатика, электроника, связь. — 2003. — Вып. 47. — С. 20–25.
5. Маригодов В.К. Энтропийная оценка показателей успеваемости и качества обучения / В.К. Маригодов, А.А. Слободянюк, Д.Э. Мочалов // Специалист. — 2003. — № 5. — С. 26–27.
6. Маригодов В.К. Статистична обробка результатів експертної оцінки знань студентів / В.К. Маригодов, Ю.М. Кравченко// Проблеми освіти. — 2005. — Вип. 40. — С. 240–245.
7. Маригодов В.К. Експертне оцінювання ефективності методів наукових досліджень і творчості / В.К. Маригодов, Ю.В. Матвеев // Нові технології навчання. — 2004. — Вип. 39. — С. 3–8.

Поступила в редакцію 08.01.2014 г.

Маригодов В.К., Бабуров Е.Ф., Чмут В.В. Експертне оцінювання показників якості виробу на основі ентропійного підходу

На основі прямих експертних опитувань, які відносяться до якісних показників виробу, в якості якого вибрана система радіозв'язку, визначена ентропія системи і побудована гистограма як статистичний аналог кривої розподілу.

Ключові слова: масив експертної інформації, ентропійна оцінка, щільність частоти подій, ентропія, гистограма процесу, полігон частот.

Marigodov V.K., Baburov E.F., Chmut V.V. Experting Estimation of parameters Quality Product on the Basis Entropy Approach

The article considers the definition frequency density events and building statistics diagram distribution entropy with represented a great deal of experting information about quality parameters communication system.

Keywords: massive of experting information, entropy estimation, density of frequency doingses, entropy, histogram of process, rang of frequencies.