УДК 37.015

Маригодов В.К., Мозолевская Т.В., Исаева Т.А.

ЭКСПЕРТНАЯ ОЦЕНКА ЗНАНИЙ СТУДЕНТОВ НА ОСНОВЕ ЭНТРОПИЙНОГО КРИТЕРИЯ

В статье рассматривается определение плотности частоты событий и построение гистограммы распределения дифференциальной энтропии, характеризующей массив экспертной информации. Дифференциальная энтропия является универсальным критерием, поскольку она позволяет получить обобщенную характеристику показателей качества и успеваемости студентов в процессе проведения модульного и семестрового контроля знаний.

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

Постановка проблемы. При проведении учебных занятий в вузах и университетах Украины возникает необходимость экспертной оценки знаний студентов, полученных в результате использования рейтинго-модульной системы. Последнее особенно важно в тех случаях, когда применяются в процессе обучения новые технологии [1]. Обработка массивов *экспертной информации* (результатов прямого экспертного опроса) может проводиться по обобщенному критерию оценки, который одновременно учитывает как абсолютную успеваемость, так и качество успеваемости студентов на протяжении семестра или всего учебного года. В качестве такого обобщенного критерия целесообразно выбрать *энтропийный*, который основан на определении дифференциальной энтропии совокупности всех рейтинговых знаний, полученных студентом на этапе модульного контроля или в целом за учебный семестр.

Анализ последних публикаций и исследований. Для использования энтропийного критерия оценки результатов экспертного опроса необходимо располагать апостериорными вероятностями независимых и несовместных оценок по результатам опроса. При этом минимальное значение дифференциальной энтропии характеризует высокие показатели абсолютной успеваемости и качества, причем для них имеет место только один параметр, являющийся обобщенным [2,3].

Выделение нерешенных ранее частей проблемы. В известных публикациях [1– 4] при использовании энтропийной оценки абсолютной успеваемости и качества обучения студентов не принимались во внимание весовые коэффициенты, характеризующие параметры каждого значения дифференциальной энтропии, что в некоторых ситуациях приводило к неопределенности оценок в силу свойств логарифмов. Следует отметить, что при использовании энтропийного критерия оценки знаний студентов возникает сложность определения дифференциальной энтропии в таких ситуациях, когда все студенты в процессе модульного контроля или экзамена получили одинаковые оценки. В этом случае в силу свойств логарифмов любой системы дифференциальная энтропия становится равной нулю. Для исключения этого в выражение для дифференциальной энтропии вводятся соответствующие весовые коэффициенты, которые определяют приоритетные значения рейтинговой шкалы оценок [4].

Цель статьи состоит в том, чтобы на основе массива экспертной информации, содержащейся в полученных энтропийных значениях абсолютной успеваемости и качества, определить *плотность частоты событий* и построить *гистограмму* как аналог функций распределения случайного процесса.

Массив экспертной оценки информации для энтропийной оценки семестрового рейтинга студентов. Расчетные значения дифференциальной энтропии для студентов одной группы второго курса факультета Морских технологий и судоходства Севастопольского национального технического университета (направление «Электротехника», весенний семестр 2011-2012 учебного года) приведены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты расчета дифференциальной энтропии на основе экспертных оценок

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

В таблице 1 представлены реальные результаты прямых экспертных опросов, которые сделаны на основе пятидесятибалльной шкалы оценок. В качестве экспертов привлекались опытные преподаватели севастопольских вузов и университетов (профессора и доценты) в количестве 100 человек. Здесь n – номер опыта (оценки экспертов), а H(X) – значение дифференциальной энтропии, которая как случайная величина определялась по формуле [4]

$$H(X) = \sum_{i=1}^{4} k_i P(x_i) \, ln[k_i P(x_i)] \, \frac{нат.един.}{сообщен.}, \qquad (1)$$

где k_i – весовой коэффициент качества для разных ранговых уровней оценок, определяющих приоритетное значение рейтинговой шкалы; $P(x_i)$ – апостериорные вероятности количества разных оценок на основе семестрового рейтинга студентов. Дифференциальная энтропия в (1) определяется в натуральных единицах информации на сообщение. Последнее представляет собой совокупность всех рейтинговых оценок, полученных студентом на протяжении семестра.

Группа студентов состояла из 30 человек. Для прямых экспертных опросов использовалась стандартная шкала оценок в баллах: (0… 24) – неудовлетворительно, (25… 34) – удовлетворительно, (35… 44) – хорошо, (45… 50) – отлично. Весовые коэффициенты k_i

выбраны на основе экспертных оценок таким образом, чтобы для лучших результатов общего семестрового рейтинга дифференциальная энтропия имела наименьшее значение, т.е. в обратном порядке для перечисленных градаций оценок $k_1 = 0{,}1$; $k_2 = 0{,}2$; $k_3 = 0{,}3$; $k_4 = 0{,}4$. Тогда, например, для первого опыта (n = 1) в таблице 1 значение энтропии 0,23 соответствовала рейтинговым оценкам (в баллах) в порядке убывания: 30, 0, 0, 0; вероятности оценок $P(x_1) = 1; P(x_2) = P(x_3) = P(x_4) = 0$. Эти данные свидетельствуют о стопроцентной абсолютной успеваемости и качестве.

Упорядоченная статистическая совокупность результатов экспертных оценок. Такая совокупность (протокол результатов экспертного опроса) соответствует значениям дифференциальной энтропии H(X), которые расположены в порядке возрастания (таблица 2). Диапазон изменения энтропии в таблице 2 составляет 0,2 … 0,8. Заметим, что номера в последней таблице фактически не соответствуют для одинаковых значений энтропии номерам таблицы 1.

Далее на основе таблицы 2 можно построить статистическую функцию распределения [5]:

$$F^*(x) = P^*\{X < x\}. \qquad (2)$$

Функция $F^*(x)$ – разрывная, ступенчатая, непрерывная слева, равная нулю левее наименьшего значения случайной величины X, т.е. дифференциальной энтропии, и единице – правее наибольшего значения.

Вместо построения функции (2) для нахождения закона распределения X можно использовать так называемый *группированный статистический ряд* и *гистограмму процесса* [5].

Для построения группированного статистического ряда необходимо весь участок оси абсцисс, на котором расположены значения случайной величины X (таблица 2), разделить на участки или «*разряды*». Длины разрядов можно выбирать разными, а их граничные значения, например, кратными наименьшему значению дифференциальной энтропии в таблице 2. Там, где значение H(X) располагаются «гуще», удобнее разряды брать более мелкими.

Группированный статистический ряд показан в таблице 3.

Для построения таблицы 3 значения H(X) в таблице 2 разделены на 12 одинаковых разрядов, длина которых равна 0,05. В верхней строке таблицы 3 показаны разряды, а в нижней – соответствующие им частоты, причем

$$\sum_{k=1}^{12} p_k = 1, \qquad (3)$$

где p_k – частота события $\{X \in [H(X)_k, H(X)_{k+1}]\}$. Частота p_k вычисляется как отношение числа l_k результатов экспертных оценок, в которых значение случайной величины X можно отнести к k-му разряду $[H(X)_k \dots H(X)_{k+1}]$, к общему числу оценок n = 100.

Гистограмма и полигон частот как статистический аналог плотности распределения. Поскольку интегральная функция распределения F(X) и плотность распределения для реальных физических процессов должны изменяться в пределах от нуля до единицы, то для построения гистограммы и полигона частот нужно плотность частот q_k представить в нормированном виде, т.е.

$$q_k = \frac{p_k}{\Delta_k r_k}, \qquad (4)$$

где $\Delta_k = [H(X)_{k+1} - H(X)_k]$ – длина каждого разряда; r_k – нормирующий коэффициент, который определяет реальный масштаб гистограммы по оси ординат, т.е. по высоте прямоугольника.

Если выбрать r_k = 10 при длине каждого разряда Δ_k = 0,05, получим плотность частоты q_k в виде таблицы 4. Гистограмма и полигон частот изображены на рисунке 1.

Таблица 2

Упорядоченная статистическая совокупность результатов расчета экспертных оценок

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

Таблица 3

Группированный статистический ряд

Разряды	0,2…0,25	0,25…0,3	0,3…0,35	0,35…0,4	0,4…0,45	0,45…0,5
Частота p_k	0,12	0,11	0,12	0,09	0,03	0,08
Разряды	0,5…0,55	0,55…0,6	0,6…0,65	0,65…0,7	0,7…0,75	0,75…0,8
Частота p_k	0,10	0,10	0,08	0,08	0,07	0,13

Таблица 4

Плотность частоты q_k

Разряды	0,2…0,25	0,25…0,3	0,3…0,35	0,35…0,4	0,4…0,45	0,45…0,5
q_k	0,24	0,22	0,24	0,16	0,06	0,16
Разряды	0,5…0,55	0,55…0,6	0,6…0,65	0,65…0,7	0,7…0,75	0,75…0,8
q_k	0,20	0,20	0,16	0,16	0,14	0,26

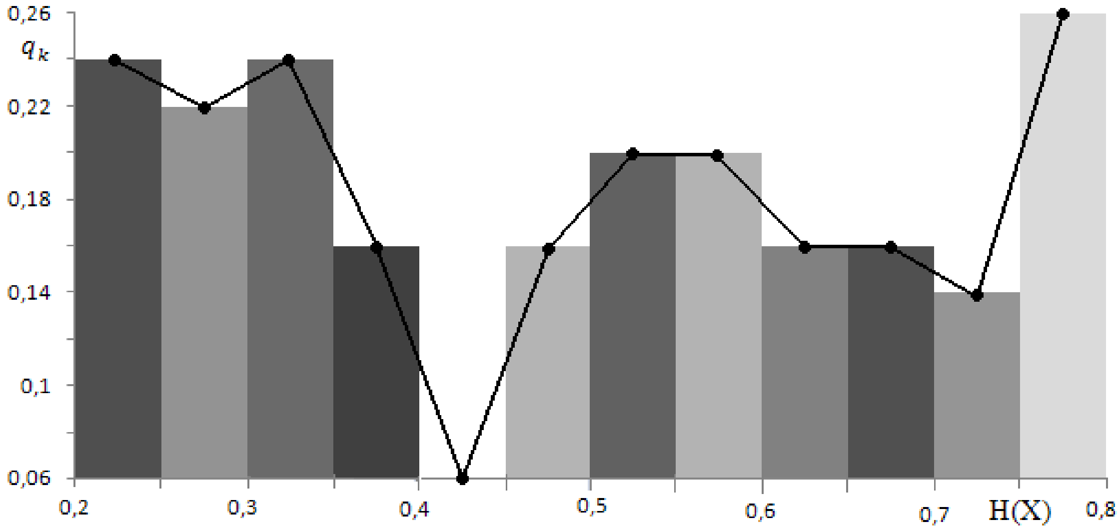

Рис.1. **Гистограмма распределения и полигон частот q_k.**

Гистограмма распределения построена по данным таблицы 4 и представляет собой аналог кривой распределения случайной величины H(X). *Полигон частот* на рисунке 1 представляет ломаную линию, проведенную через средние точки интервалов, обозначенных на гистограмме для каждого интервала (разряда). Построенный таким образом кусочно-линейный график также является статистическим аналогом плотности распределения.

Выводы и перспективы дальнейших исследований. Таким образом, показано, что для плотностей частоты q_k можно определить гистограмму и полигон частот для массива прямых экспертных опросов, выраженных в значениях дифференциальной энтропии как обобщенного критерия академической успеваемости и качества знаний студентов. Как видно из рисунка 1, гистограмма и полигон частот характеризуются значительной неравномерностью и скачкообразным изменением, что обусловлено апериодическим характером значений случайной величины H(X) в таблице 2.

Задачей дальнейших исследований в данном направлении можно считать определение на основе массивов экспертных оценок выборочных моментов, а также моментов выборочного среднего и выборочной дисперсии дифференциальной энтропии.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Маригодов В.К.* Обработка массивов информации, содержащих результаты экспертного опроса /В.К. Маригодов// Новые информационные технологии в учебных заведениях Украины: матер. Междунар. Конф. Памяти профессора И.И. Мархеля. – 2005, Одесса, 21 – 26 июня 2005 г. – С. 111 – 113.
2. *Марігодов В.К.* Модульно-інтегрований метод контролю самостійної роботи студентів/В.К. Марігодов, Г.О. Тіхонов// Проблеми освіти: Наук. – мет. Зб. – 2005. – Вип. 41. – С. 94 – 101.
3. *Кисельов О.О.* Експертне оцінювання ефективності процесу формування знань студентів /О.О. Кисельов, В.К. Марігодов// Проблеми освіти: Наук. – мет. Зб. – 2005. – Вип. 42. – С. 168 – 174.
4. *Марігодов В.К.* Ентропійне оцінювання узагальнених результатів кредитно-модульної системи контролю знанть студентів /В.К. Марігодов// Морська освіта. – 2007. – №5 – 6.– С. 43 – 46.
5. *Вентцель Е.С.* Теория вероятностей и ее инженерные приложения / Е.С. Вентцель, Л.А. Овчаров// Учебное пособие для втузов. – 2-е изд., стер. – М.: Высш. шк., 2000. – 480 с.

Марігодов В.К., Мозолевська Т.В., Ісаєва Т.О.
ЕКСПЕРТНЕ ОЦІНЮВАННЯ ЗНАНЬ СТУДЕНТІВ НА ОСНОВІ ЕНТРОПІЙНОГО КРИТЕРІЮ

У статті розглядається визначення щільності частоти подій та побудова гістограми розподілу диференціальної ентропії, що характеризує масив експертної інформації. диференційна ентропія є універсальним критерієм, оскільки вона дає змогу одержати узагальнену характеристику показників якості та успішності студентів у процесі проведення модульного і семестрового контролю знань.

***Ключові слова**: масив експертної інформації, експертна оцінка, щільність частоти подій, диференційна ентропії, гістограма процесу, полігон частот.*

Marigodov V., Mozolevska T., Isaieva T.
EXPERT EVALUATION OF STUDENTS' KNOWLEDGE ON THE BASIS OF ENTROPY CRITERION

This article concerns the determination of density events frequency and histogram construction of distribution of differential entropy that characterizes the array of expert information. Differential entropy is an universal criterion as it gives an opportunity to get the general description of indexes of quality and success of students in the process of realization of module and semester control of knowledge.

***Keywords**: array of expert information, expert estimation, density of frequency of events, differential entropy, histogram of process, rang of frequencies.*

УДК 629.3.025.2

Сущенко О.А.

РОБАСТНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ СИСТЕМ СТАБИЛИЗАЦИИ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ МОРСКИХ ПОДВИЖНЫХ ОБЪЕКТОВ

В статье представлены основные принципы робастной параметрической оптимизации и робастного структурного синтеза систем стабилизации информационно-измерительных устройств, эксплуатируемых на морских подвижных объектах. Исследована возможность задания основных внешних возмущений для систем исследуемого типа. Представлены результаты моделирования синтезированной системы. Решена актуальная проблема сохранения точности процессов управления в сложных условиях реальной эксплуатации систем стабилизации.

***Ключевые слова**: робастная оптимизация, морской подвижный объект, математическая модель, внешние возмущения.*

Постановка проблемы. Современный этап проектирования водных транспортных средств характеризуется необходимостью совершенствования систем навигации и управления морскими подвижными объектами. При этом имеет место проблема сохранения высоких точностных характеристик в условиях воздействия внешних возмущений, обусловленных, прежде всего, морским нерегулярным волнением. Пути решения этой проблемы лежат в использовании робастных гироскопических систем, способных