2. Денисюк, С.В. Двухзонные газовые сенсоры на подложках Al_2O_3 с тонкопленочными чувствительными элементами из оксида железа / С.В. Денисюк, Н.И. Мухуров, О.Н. Куданович // Нано- и микросистемная техника. – 2018. – Т. 20, № 11. – С. 676–678.

УДК 519

СУБЪЕКТИВНОЕ ИЗМЕРЕНИЕ МЕТОДОМ РЕЙТИНГА

Романчак В.М.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

Приводится определение рейтинга и предлагается математическая модель нахождения значений величины с помощью рейтинга. С помощью рейтинга можно с единых позиций рассматривать как объективные, так и субъективные измерения. Предполагается, что некоторая последовательность объектов упорядочена по величине и что величина объектов изменяется равномерно. Для такой последовательности в качестве рейтинга можно выбрать номер объекта в рассматриваемой последовательности объектов. В классической теории измерений множество объектов эмпирической системы A_1, A_2, …, A_n отображается с помощью функции $q_i = q(A_i)$ на множество значений q_1, q_2, …, q_n числовой системы таким образом, что отношения между числами сохраняют отношения между объектами. При этом тип шкалы определяется видом и свойствами функции q . В данной работе рассматривается рейтинговая модель измерения [1]. Это означает, что функция отображения q строится как композиция двух функций, $q_i = q(r(A_i))$. Вначале объекты A_1, A_2, …, A_n отображаются на промежуточное множество числовых значений (значения рейтинга) функцией $r_i = r(A_i)$ с сохранением отношения между самими объектами. Шкала значений рейтинга r фиксирована. Далее, множество значений рейтинга r_1, r_2, …, r_n отображается на множество числовых значений q_1, q_2, …, q_n функцией $q_i = q(r_i) = q(r(A_i))$. При этом вид шкалы числовых значений определяется видом и свойствами функции $q(r)$. Введение рейтинга позволяет отделить процесс измерения величины от выбора шкалы измерения.

Классическое определение рейтинга. Чтобы подчеркнуть особенность рейтинговой модели обратимся к теории вероятностей. В определении классической вероятности понятие симметрии исходов является аксиоматическим и принимается на основании мнения эксперта. Например, при подбрасывании кубика эксперт может интуитивно считать, что грани кубика достаточно симметричны и будут выпадать с одинаковой вероятностью. Классическое определение вероятности сводит ее вычисление к суммированию одинаковых по вероятности событий. Для того чтобы иметь возможность измерить произвольную величину, введем аксиоматически понятие объектов, величина которых изменяется равномерно. Приведем примеры таких объектов:

1. Положим на левую чашу равноплечных весов груз m_1 и груз с неизвестной массой M и уравновесим грузом m_2 на правой чаше. Далее груз m_2 положим на левую чашку весов вместо груза m_1 и уравновесим грузом m_3 и т. д. Абсолютное изменение массы объектов m_1, m_2, m_3, … будет равномерным: $m_2 - m_1 = m_3 - m_2 = \ldots$.

2. С помощью разноплечных весов построим последовательность объектов. Для этого положим на левую чашу разноплечных весов груз m_1 и уравновесим грузом m_2, далее положим груз m_2 на левую чашку весов вместо груза m_1 и уравновесим грузом m_3 и т. д. Относительное изменение массы объектов m_1, m_2, m_3, … будет равномерным $(m_2 - m_1)/\mathrm{m}_1 = (m_3 - m_2)/m_2 = \ldots$.

3. Подберем объекты m_1, m_2, m_3, …, субъективное изменение веса которых равномерно с точки зрения эксперта

Эти последовательности можно использовать для сравнения значений величины. Первые две последовательности получены с помощью объективных средства измерения, третья последовательность получена субъективным оцениванием.

Предполагается, что можно построить последовательность объектов, величина которых изменяется равномерно, а порядковый номер объекта в такой последовательности будем называть рейтингом. Сравнение размеров опытным путем является единственным способом получения измерительной информации. Основных способов численного сравнения размеров всего два: или разность размеров или отношение размеров величины [1]. Отметим, что здесь речь идет о размере величины как объективной характеристике. Значения величины появляются уже после измерения в результате обработки результатов измерения. Пусть для объектов A_1, A_2, …, A_n величина Q принимает значения q_i, q_i=$q(A_i)$. Можно предположить, что если величина Q для последовательности объектов изменяется равномерно, то или разности или отношения последовательных значений величины постоянны. Для определенности считаем, что значения величины Q расположены в порядке возрастания. Это означает, что для первого способа сравнения будет выполняться

$$q_{i+1} - q_i = \lambda,\ q_i,\ q_{i+1} \in R,\ \lambda > 0,$$

и для второго способа сравнения выполняется

$$\ln(q_{i+1}/q_i) = \lambda,\ q_i,\ q_{i+1} \in R^+,\ \lambda > 0,$$

где i=1, 2, …, n –1; λ – неизвестная постоянная; R – множество всех действительных чисел; R^+ – множество всех положительных чисел. Следовательно, если выбран первый способ сравнения, то выполняется

$$q_i - q_j = d_{ij},\ q_i,\ q_j \in R,\ \lambda > 0, \qquad (1)$$

если выбран второй, то

$$\ln(q_i/q_j) = d_{ij},\ q_i,\ q_j \in R^+,\ \lambda > 0, \qquad (2)$$

где $d_{ij} = \lambda(r_i - r_j)$, $r_i = i$, $r_j = j$, i = 1, 2, .. , n, j= 1, 2, .., n; λ – неизвестная постоянная. Значение $d_{i,j}$ будем называть элементом матрицы парных сравнений D, функцию $r_i = r(A_i)$ – рейтингом, r_i – рейтингом объекта A_i, в рассматриваемом случае $r_i = i$. Можно сформулировать обратную задачу, найти значения величины Q, если на основании наблюдений известна матрица парных сравнений и не определен первый (1) или второй (2) способ сравнения.

Определение 1. Пусть величина объектов A_1, A_2, …, A_n изменяется равномерно. Тогда выполняется равенство (1) или (2), где $d_{ij}=\lambda(r_i - r_j)$, $r_i = i$, $r_j = j$, λ>0, λ – неизвестная постоянная, i=1, 2, …, n, j=1, 2, …, n; $q_i = q(A_i)$ – значения величины Q; d_{ij} – матрица парных сравнений. Отображение $r_i = r(A_i)= i$ будем называть рейтингом объекта.

Последовательность значений q_i, i=1, 2, …, n в первом случае (1) является арифметической, а во втором случае (2) – геометрической прогрессией. Таким образом, сформулировано классическое определение рейтинга.

На практике значения рейтинга можно получить, проводя парные сравнения объектов. Пусть в качестве объекта, с которым сравнивают все объекты, выбран объект с номером a. Тогда соответствующую систему линейных уравнений обозначим M_a.

Критерий K_1. Математическая модель рейтинга адекватна эмпирическим данным, если частные решения альтернативных систем M_a и M_b связаны статистически значимой линейной возрастающей зависимостью: $r_i^a = k r_i^b + C + \varepsilon_i$, где коэффициент регрессии k является положительным и значимым, i = 1, …, n, C – постоянная, ε_i – случайные ошибки, независимые нормально распределенные случайные величины с математическим ожиданием $E(\varepsilon_i)$ = 0 и постоянной дисперсией, r_i^a и r_i^b – частные решения альтернативных систем, a, b = 1, …, n.

Пример, [1]. Построить функцию принадлежности нечеткого множества "высокий мужчина" на универсальном множестве M={170, 175, 180, 185, 190, 195}. Парные сравнения удобно записать в виде матрицы парных сравнений:

Таблица 1 – Отношение рейтингов

H_i / H_j	170	175	180	185	190	195
170	1	1/2	1/4	1/6	1/8	1/9
175	2	1	1/3	1/5	1/7	1/8
180	4	3	1	¼	1/4	1/5
185	6	5	4	1	1/3	1/3
190	8	7	4	3	1	1
195	9	8	5	3	1	1

На основании табл. 1 получим частные решения(столбцы табл. 2),

Таблица 2 – Разность рейтингов

H_i / H_j	170	175	180	185	190	195
170	0	-1	-3	-5	-7	-8
175	1	0	-2	-4	-6	-7
180	3	2	0	-3	-3	-4
185	5	4	3	0	-2	-2
190	7	6	3	2	0	0
195	8	7	4	2	0	0

Корреляционная матрица частных решений приведена в табл. 3.

Таблица 3 – Корреляционная матрица

1,00	1,00	0,97	0,99	0,98	0,99
1,00	1,00	0,97	0,99	0,98	0,99
0,97	0,97	1,00	0,97	0,97	0,98
0,99	0,99	0,97	1,00	0,96	0,98
0,98	0,98	0,97	0,96	1,00	1,00
0,99	0,99	0,98	0,98	1,00	1,00

Результаты расчетов подтверждают, адекватность математической модели рейтинга эмпирическим данным.

Литература

1. Романчак В.М. Оценивание методом рейтинга // Информатика. – 2019. – Т. 16. – № 2. – С. 52–61.

УДК 004.056:061.68

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДА СКРЕМБЛИРОВАНИЯ ЧАСТОТНО-МОДУЛИРОВАННОГО СИГНАЛА ПРОИЗВЕДЕНИЕМ ДВОИЧНЫХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ

Бокуть Л.В.[1], Деев Н.А.[2]

[1]*Белорусский национальный технический университет*
Минск, Республика Беларусь
[2]*Объединенный институт проблем информатики НАН Беларуси*
Минск, Республика Беларусь

Рассматривается защита информации от перехвата за счет увеличения энергетической скрытности канала связи. Классический метод повышения энергетической скрытности за счет снижения спектральной плотности энергии модулирующего сигнала путем расширения его спект-