

УДК 613.2:519.723

ТЕОРЕТИКО-ИНФОРМАЦИОННЫЙ ПОДХОД К СТРУКТУРЕ ПИТАНИЯ

А.О. Железняк, М.Ж. Кудаярова

Рассчитана энтропия информации для продуктов питания и лечебных диет с использованием модифицированной формулы К. Шеннона, исходя из содержания в них белка, жиров, углеводов и др. компонентов. Показано, что в областях экстремальных значений ЭИ содержание компонентов в продуктах питания и лечебных диетах соответствует некоторым целочисленным комбинациям, имеющимся в науке о питании – нутрициологии.

Ключевые слова: питание; формула Шеннона; теория информации; энтропия информации; диеты.

INFORMATION-THEORETIC APPROACH TO THE DIETARY STRUCTURE

А.О. Zheleznyak, M.J. Kudayarova

A modified K. Shannon's formula was used to calculate information entropy for foods and therapeutic diets based on their content of proteins, fats, carbohydrates and other components. It is shown that in the regions of extreme values of information entropy, contents of components in foods and therapeutic diets correspond to combinations of integer values known in nutritionology.

Keywords: foods; K. Shannon's formula; theory of information; information entropy; diets.

Для нахождения закономерностей развития, во многих исследованиях, в том числе и в медицинских, наряду с обычными методами математической статистики, применяется теоретико-информационный подход. В медицине теория информации (ТИ) применяется при изучении патологии онкологических и др. заболеваний, процессов старения организма человека, в диагностике. Так, диагностика патологических состояний производится путем сравнения полученных данных о состояниях и вычислениях так называемых диагностических коэффициентов, являющихся своего рода критериями “близости” [1–3]. В психологии ТИ применяется при изучении психических реакций, появляющихся в ответ на определенное воздействие среды, особенно реакций выбора в сложных ситуациях. Считается, что доказательная медицина также должна целиком базироваться на теории информации [4].

Обычно, сравнение данных о состоянии объекта производят путем вычисления количества информации, “информационной меры”, или энтропии вероятности, т. е. величины, очень чувствительной по отношению к изменениям, происходящим в системе. Эта величина определяется по формуле Шеннона (1)

$$J = -\sum p_i \log p_i, \quad (1)$$

где суммирование распространяется на все i состояний, а p_i – вероятность i -го состояния, определяемая по формуле (2)

$$p_i = n_i/N, \quad (2)$$

n_i – число состояний, или частота вхождений некоторого признака (микросостояния) в общее состояние объекта, N – общее число состояний. Парциальная вероятность, или частота p_i также может быть определена как доля признака (в %, или в долях от единицы) в общей комбинации признаков. Основание логарифма может быть двоичным, десятичным или экспонентой. Формула Шеннона была опробована нами при определении токсичности хлоридов тяжелых металлов [5]. Известно применение формулы Шеннона в валеологии, химии, при изучении связи структуры химических соединений с их активностью, а также в биологии при расчетах индексов разнообразия [6, 7]. На базе теории информации развивается такое направление, как информациогенез, или изучение направления эволюции живых существ, с помощью теоретико-информационных методов. В рамках информациогенеза изучаются перспективные направления научных исследований и их прогноз.

В исследованиях, посвященных теоретико-информационному подходу, нередко применяют также модифицированную формулу Шеннона (3)

Таблица 1 – Пример расчета показателя $J_{ср}$ для корнеплодов

Состав	1	2	3	4	5
	%	p	(1-p)	Ln(3)	2Ln(3)
Белки (Б)	1,34	0,0134	0,987	-0,0135	-0,0004
Жиры (Ж)	0,2	0,002	0,998	-0,002	-
Углеводы (У)	4,49	0,0449	0,955	-0,046	-0,002
Зола (З)	0,9	0,009	0,991	-0,009	-
Вода (В)	89,4	0,894	0,106	-2,244	-2,006
Прочие (Пр.)	3,67	0,0367	0,9633	-0,0374	-0,0014
Итого	-	-	-	-	-2,001

Таблица 2 – Значения информационного показателя

Наименование	Значение показателей, ед.	
	J	λ
Корнеплоды	2,01	0,343
Капустные овощи	1,824	0,536
Листовые овощи	2,329	0,491
Луковые овощи	0,988	1,391
Плодовые овощи	2,101	0,400
Косточковые плоды	1,575	0,980
Плоды сушеные	0,506	0,058
Грибы	2,080	6,563

Примечание. $J_{ср}$ для некоторых растительных продуктов.

Таблица 3 – Значения показателя J, ед. и λ , ед. для норм питания, применяемых в ЛПУ

Наименование	J, ед.	λ , ед.
Общие заболевания	0,807	0,486
Туберкулезное отд-е	1,072	0,444
Онкологическое отд-е	1,002	0,506
Нефрологическое отд-е	1,014	0,361
Гастроэнтерологическое отд-е	0,709	0,581
Эндокринологическое отд-е	1,191	0,496
Ожоговое отд-е	0,744	0,542
Гематологическое отд-е	0,816	0,481
Родильное отд-е	0,754	0,533
Климатотерапевтическое отд-е	0,643	0,393
Сахарный диабет	0,667	0,388
Старика и пожилые	0,730	0,317
Диета № 5	0,708	0,338
Диета № 10	1,052	0,327
Инвалиды ВОВ	0,892	0,428

$$J = -\sum p_i \ln(1-p_i), \quad (3)$$

где \ln – натуральный логарифм.

В настоящей работе нами была использована модифицированная формула (3) в применении к растительным продуктам и наборам диетического питания. Для вычисления показателя J мы использовали данные о химическом составе продуктов (содержание белков, жиров, углеводов, ми-

неральных солей, в виде золы, и воды), опубликованные в работах [8, 9].

Ниже приведен пример расчета показателя J, ед. (таблица 1).

Данные о составе приведены в работе [8]. Нами произведено усреднение данных. В графах 4 и 5 указаны логарифмы и произведения величин, находящихся в столбцах (согласно формуле 2, приведенной в тексте).

В данном примере получилась величина $J = 2,001$ ед. Для целей сравнения данных можно ввести еще одну величину – λ , показывающую отношение суммы белка и жира к углеводам (формула 4) [9].

$$\Lambda = (B + Ж)/У. \quad (4)$$

Полученные значения (выборочно) приведены в таблице 2.

На графике, полученном для энтропии информации растительных продуктов, сглаженные значения J и λ показывают наличие следующих экстремумов:

Максимумы при $\lambda = 0,190$, $J = 2,097$ и при $\lambda = 0,669$, $J = 1,909$.

Минимумы же располагаются в следующих точках:

$$\lambda = 0,407, J = 1,533 \text{ и } \lambda = 0,502, J = 1,547.$$

Здесь, минимумы показателя соответствуют соотношению компонентов Б:Ж:У = 1:1:5 и 1:1:4, а максимумы – 1:1:8 и 1:1:3. Появление максимума 1:1:8 трудно объяснить. Остальные соотношения весьма характерны для норм питания. Аналогичные расчеты были произведены для норм диетического питания, рекомендованных и применяемых в лечебно-профилактических учреждениях [9]. Полученные данные, сглаженные двукратно, приведены в таблице 3.

Выборка значений для компонентного состава продуктов лечебного питания, применяемых в ЛПУ, произведена из работы [10].

На графике, полученном с координатами λ – J , где $\lambda = 0,5 - \lambda$, обнаружено два максимума:

$$\begin{array}{ll} \text{при } \lambda = 0,004 & J = 1,000 \text{ и} \\ \text{при } \lambda = 0,173 & J = 0,882 \text{ (слабый пик).} \end{array}$$

При этом, первый максимум соответствует соотношению Б:Ж:У = 1:1:4, а второй – 1:1:5. Минимум на кривой $\lambda' - J$ располагается в точке $\lambda' = 0,112$, где $J = 0,768$, что соответствует соотношению Б:Ж:У = 1:1:3.

Такие соотношения хорошо известны в нутрициологии. Возможно, эти соотношения являются наиболее оптимальными среди всех остальных. Минимуму по массе углеводов, в соотношении 1:1:3, в полученных нами данных отвечает минимум значения показателя J .

Вполне возможно, что в структуре питания имеется своего рода квантование объектов, как

и у любых нелинейных явлений природы, которое и приводит к дискретному (точки устойчивости) распределению компонентов. Наиболее характерным здесь является появление точек экстремумов, по ряду важнейших компонентов, определяющих структуру питания, таких как белки, жиры и углеводы. И это еще раз указывает на колебательный характер явлений и процессов в природе, со стабилизацией их на определенных уровнях.

Литература

1. Кульбак С. Теория информации и статистика / С. Кульбак. М.: Наука, 1967. 408 с.
2. Расстояние Кульбака – Лейблера. Википедия. <https://ru.wikipedia.org/wiki/>
3. Шулаева И.В. Сравнение некоторых показателей крови здоровых и больных ранним врожденным сифилисом детей / И.В. Шулаева // Врач-аспирант. 2013. Т. 59. № 4.2. С. 326–330.
4. Теория информации. Доказательная медицина для всех. Опубликовано в Интернете.
5. Железняк А.О. О применении формулы К. Шеннона для прогнозирования токсичности хлоридов элементов периодической системы Д.И. Менделеева / А.О. Железняк // Материалы III съезда гигиенистов, эпидемиологов, микробиологов, паразитологов и инфекционистов Кыргызской Республики. Бишкек, 1997. С. 16–18.
6. Брехман И.И. Валеология – наука о здоровье / И.И. Брехман. М.: Физкультура и спорт, 1990. 206 с.
7. Жданов Ю.А. Энтропия информации в органической химии / Ю.А. Жданов. Ростов н/Д: Изд-во Рост. ун-та, 1979. 55 с.
8. Куденцов Н.Д. Товароведение продовольственных товаров / Н.Д. Куденцов. М.: Экономика, 1971. 240 с.
9. Эсенаманова М.К. Питание и здоровье / М.К. Эсенаманова, О.Т. Касымов, К.О. Джусупов; под ред. О.Т. Касымова. Бишкек, 2000. 232 с.
10. Железняк А.О. О симметрии и асимметрии в структуре рациона питания / А.О. Железняк, М.Ж. Кудаярова // Сб науч. тр. мед. фак-та КРСУ “Проблемы и вызовы фундаментальной и клинической медицины в XXI веке”. Бишкек, 2016. Вып. 16. С. 140–145.