

Copyright © 2015 by Academic Publishing House *Researcher*

Published in the Russian Federation  
European Journal of Medicine. Series B  
Has been issued since 2014.  
ISSN: 2409-6296  
E-ISSN: 2413-7464  
Vol. 4, Is. 3, pp. 141-147, 2015

DOI: 10.13187/ejm.s.b.2015.4.141  
[www.ejournal27.com](http://www.ejournal27.com)



UDC 616-079, 303.732

## The Semantic Informativeness

Ivan B. Nomokonov

Irkutsk Regional Hospital, Russian Federation  
Head of the department of radiation diagnosis  
E-mail: nomokonov-86@bk.ru

### Abstract

The article reveals the peculiarities of estimating the information content X-ray image. The concepts of statistical and semantic informativeness are presented. Statistical informative value is estimated based on the statistical theory of information theory and the concept of entropy. The semantic informativeness evaluated on content features in the image. It is an evolution of semantic information theory. It is shown that for the diagnosis to be applied semantic informativeness.

**Keywords:** diagnosis, radiotherapy, X-rays, the information content.

### Введение

Информативность является предметом дискуссий и философских обсуждений [1]. Это понятие не только является объектом научных и технологических проблем, но играет важную роль при подготовке специалистов [2], использующих это понятие. Информативность является информационной характеристикой и поэтому часто ее оценку связывают с методами теории информации. Широкую популярность имеет теория информации Клода Элвуда Шеннона, в которой ключевыми понятиями являются энтропия и неопределенность. Норберт Винер назвал эту теорию статистической теорией информации. Наряду с этой теорией существует семантическая теория информации, отраженная в работах Р. Карнапа и Ю.А. Шрейбера. В настоящее время это направление развивается в работах Лучинао Флориди (США), а также в работах работы А.Н. Тихонова, А.Д. Иванникова, В.Я. Цветкова. Именно это направление дает возможность сформировать понятие семантической информативности.

### Материалы и методы

В качестве основных материалов исследований использовались рентгеновские фотоснимки, полученные аналоговым или цифровым способом. Последнее чаще применяется в томографии. В качестве основных методов исследований использовалась статистическая теория информации по К.Э. Шеннону и семантическая теория информации, развиваемая в работах Н. Винера и Л. Флориди. Применялся метод сравнительного анализа.

### Особенности информативности рентгеновского изображения.

Информативность рентгеновского изображения оценивается объемом полезной

диагностической информации, которую врач получает при изучении снимка. Однако, прежде чем говорить об информативности, необходимо рассмотреть особенности формирования изображения на рентгеновском снимке [3]. Оптическая плотность почернения пленки, как для рентгеновских снимков, так и для обычных фотоснимков, характеризуется интенсивностью падающего на пленку энергетического потока. Для обычной пленки световой поток является отраженным и отражается от объекта съемки. Чем выше коэффициент отражения объекта съемки, тем интенсивнее поток, падающий на пленку. Для рентгеновской съемки излучение проходит через объект съемки и является прямым. Чем выше пропускная способность объекта съемки, тем интенсивней падающий поток. Если объект однородный, но имеет разную толщину, то интенсивность падающего рентгеновского излучения ниже в более толстых частях объекта. Изображение утолщенных частей будет более светлым.

Для количественного выражения оптической плотности принято пользоваться десятичными логарифмами. Это отражается рядом объективных законов природы, например, человек воспринимает звук в логарифмической, а не в линейной шкале. Интенсивность тени той или иной анатомической структуры зависит от ее «рентгенопрозрачности», т. е. способности поглощать рентгеновское излучение. Эта способность определяется атомным составом, плотностью и толщиной исследуемого объекта.

Установлено, что различимость деталей рентгеновского изображения может быть оптимальной лишь при вполне определенных, средних значениях оптических плотностей. Чрезмерная оптическая плотность, как и недостаточное почернение пленки, сопровождается уменьшением различимости деталей изображения и потерей диагностической информации.

Зависимость оптической плотности ( $D$ ) от величины поглощенной дозы рентгеновского излучения ( $H$ ) для каждого фоточувствительного материала может быть выражена с помощью так называемой S-кривой, логистической кривой или характеристической кривой. Обычно такую кривую вычерчивают в логарифмическом масштабе: по горизонтальной оси откладывают логарифмы доз; по вертикальной — значения оптических плотностей (логарифмы почернений). На рис. 1 приведена характеристическая кривая.

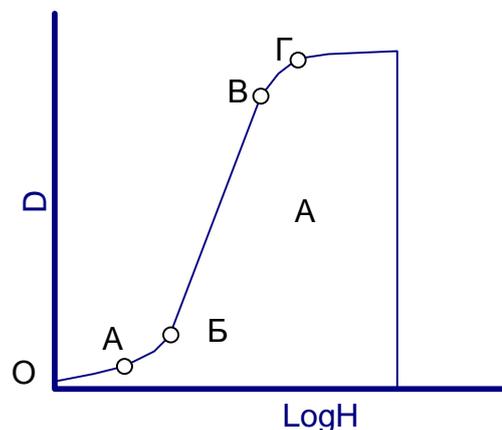


Рис. 1. Характеристическая кривая оптической плотности

Характеристическая кривая имеет типичную форму, которая позволяет выделить 5 важных участков. Начальный участок ( $OA$ ), почти параллельный горизонтальной оси (от точки  $\Gamma$ ), соответствует зоне вуали или оптического шума. Это незначительное почернение, которое неизбежно возникает на пленке при воздействии очень маленьких доз облучения или даже без облучения в результате взаимодействия части кристаллов галогенного серебра с проявителем. Точка  $A$  представляет собой порог почернения и соответствует дозе, необходимой для того, чтобы вызвать визуально различимое почернение. Этот участок не информативен.

Отрезок АБ соответствует зоне нижней нелинейной зависимости  $D(\text{Log}H)$ . Плотности почернений здесь увеличиваются сначала медленно, затем быстро. Нелинейная зависимость затрудняет интерпретацию объектов в этой зоне. Один и тот же объект, чуть смещенный по шкале  $\text{Log}H$ , даст разные модели изображения с разным относительным характером передачи плотностей. Этот участок малоинформативен.

Участок БВ имеет прямолинейную форму. Здесь наблюдается почти пропорциональная зависимость плотности почернения от логарифма дозы. Это — зона нормальных экспозиций. Этот участок можно назвать информативными. Здесь происходит линейная передача  $\text{Log}H$  в изображение.

Участок кривой ВГ соответствует зоне верхней нелинейной зависимости  $D(\text{Log}H)$ . Здесь так же, как и на участке АБ, существует нелинейная зависимость между оптической плотностью и поглощенной фоточувствительным слоем дозой излучения. Один и тот же объект, чуть смещенный по шкале  $\text{Log}H$ , дает неадекватные изображения с разным относительным характером передачи плотностей. Этот участок малоинформативен.

Таким образом, участок ОА — неинформативен. Участки АБ, ВГ — мало информативны. Участок БВ — обладает максимальной информативностью. Поэтому, в практической работе необходимо создавать технические условия съемки, которые обеспечивают работу на линейном участке БВ.

**Информационные аспекты рентгеновского изображения.** Рассматривая вопрос информативности, следует оговаривать, какую теорию информации при этом берут за основу. Теория информации до настоящего времени не сформирована и существует разные ее направления. Одно направление, основано на работе К.Э. Шеннона [4]. Под информацией и, соответственно, под информативностью в этой теории понимают “нечто”, что уменьшает неопределенность. Винер называет теорию К.Э. Шеннона «статистической теорией количества информации».

Первоначально К.Э. Шеннон даже и не говорил о своей работе как о теории информации. Он отмечал, что “*семантические аспекты информации не релевантны техническим проблемам связи*” [4]. Однако позже, в 1964 году появилась совместная работа Шеннона и Уивера, в которой точка зрения “теории информации на основе математической теории связи”, развивалась как основная. В ней рассматривалось “три уровня” проблемы коммуникации: техническая проблема передачи сообщений, семантическая проблема, проблема эффективности передачи сообщений. Следует подчеркнуть, что речь, как и в первой работе, идет о передаче сообщений, а не информации. Проблема семантики сводится к вопросу “How precisely do the transmitted symbols convey the desired meaning?”. Однако ответ на этот вопрос не был полным и касался точности полученных символов в сравнении с исходными, а не содержательности сообщения.

Такая точка зрения на теорию информации не была однозначно принята научным сообществом и стали появляться работы отражающие другие точки зрения. Второй подход развит в работах Н. Виннера, Р. Карнапа, Л. Флориди [5], А.Н. Колмогорова [6], Ю.А. Шрейбера [7], Цветкова В.Я [8] и др [9]. В этом подходе под информацией понимают содержательность или семантику информационной конструкции объекта безотносительно к ее информационному объему. Под информацией в этой теории понимают «нечто, что содержит знание и увеличивает в итоге знание получателя».

По Шеннону информация уменьшает “наше не знание”, по Виннеру и Флориди — информация увеличивает “наше знание” [10]. Увеличение знания и уменьшение незнания не одно и то же. При этом термин “не знание” отличается от “незнания”. «Незнание» обозначает одну сущность, “не знание” обозначает совокупность сущностей или множество. Дихотомическая пара [11] “не знание — знание” представляет собой оппозиционные переменные [12] и задает шкалу анализа для исследования содержательности информационных сообщений или других информационных конструкций.

Остановимся на том, что для того чтобы оценивать информативность, необходимо определять не количество битов на изображении, а количество объектов и их качественные признаки. Другими словами надо выполнять дешифрирование рентгеновских снимков — рентгеновское дешифрирование. Как и в фототопографии, рентгеновское дешифрирование должно быть основано на таблице дешифровочных признаков и таблице объектов, но применительно к рентгеновским снимкам. Рентгеновский снимок (цифровой или

аналоговый) характеризуется когнитивными признаками: обозримость, воспринимаемость, интерпретируемость. Если эти признаки имеют место, то тогда снимок характеризуется дешифрируемостью [13].

Дешифрируемость рентгеновского снимка – это свойство восприятия изображения [14], которое позволяет: выделять, различать и интерпретировать объекты, которые он содержит. Разделяют: хорошую, среднюю и низкую дешифрируемость. При этом дешифрируемость может оцениваться как формальная и когнитивная. Формальная дешифрируемость не зависит от субъекта, а зависит от свойств изображения и объектов на нем, которые проявляются и используются при автоматизированной и цифровой обработке. Эта характеристика зависит от свойств изображения.

Когнитивная дешифрируемость зависит от субъекта, от его опыта работы, от его аналитических способностей, от его интеллекта и адаптивности. По существу это проявление неявных знаний специалиста при решении сложных и слабоструктурированных задач [15]. Эта характеристика зависит от когнитивных способностей специалиста.

Хорошая формальная и когнитивная дешифрируемость имеет место когда объекты исследования лежат на линейном участке характеристической кривой (рис. 1) БВ. Для него свойственно то, что уже на стадии визуального анализа можно получить довольно полное представление об объекте исследования.

Средняя дешифрируемость характеризуется тем, что она позволяет получить представление только о главных элементах и выделить границы между ними. При низкой дешифрируемости обнаруживаются лишь отдельные черты объектов и слабо выражены границы между ними. для нахождения реальной информации и оценке информативности необходимо вводить дешифровочные признаки рентгеновского изображения и составляю таблицы признаков для практического использования врачом.

С позиции врача она характеризуется рядом когнитивных характеристик. С позиций медицинской кибернетики такая таблица может быть использована в автоматизированных диагностических системах, например при помощи мульти агентов [12].

По нашему мнению качественный подход к анализу информативности более объективен, чем ее оценка на основе подсчета количества битов и оптической плотности. В конечном итоге, информативность характеризует наличие и различимость на снимках признаков исследуемого объекта.

### **Обсуждение**

Одно из заблуждений, которое встречается во многих работах в гуманитарной сфере – это применение догмы одномерности, когда одним термином пытаются обозначить сложное или полисемическое понятие. Такое заблуждение часто возникает при использовании «математической теории коммуникации» [4] которую отождествляют с теорией информации вообще. Информация у К.Э. Шеннона воспринимается многими как общее понятие информации. На самом деле при изучении работ Шеннона можно констатировать, что информация у него – это частный вид информации, а именно только «информация, снимающая неопределенность». Отсюда и информативность по этой теории – это всего лишь снятие неопределенности. Эта информативность, согласно точке зрения Н. Винера, называется статистической. Информация, снимающая неопределенность и информация передающая знание – это разные виды информации.

Рассмотрим пример. Допустим, конференция проходит в одном из 100 городов России, например Екатеринбурге. Информационные сообщения по Шеннону, снимающие неопределенность и передающие информацию, следующие: Конференция не проходит в Москве. Конференция не проходит в Омске. Конференция не проходит в Самаре и т.д. Информация по Винеру - Флориды только одна «Конференция проходит в Екатеринбурге».

В нашем примере 99 сообщений по Шеннону равнозначны одному сообщению по Винеру – Флориды. Они переводят субъект в состояние полной определенности. Но объем этих сообщений на два порядка больше. При меньшем количестве сообщений, особенно при однократном сообщении, получатель останется в состоянии неопределенности. Таким образом, однократное использование понятия энтропии и метода ее расчета не дает оценки информативности по содержательным признакам, о говорит лишь о переходе из состояния одной неопределенности в состояние другой неопределенности.

## Результаты

При медицинской диагностике на основе применения рентгеновских снимков использование понятия энтропии не позволяет решать диагностические задачи. Для проведения диагностики с использованием средств компьютерной обработки и анализа рентгеновских снимков необходимо использовать семантическую теорию информации и введенное в данной статье понятие семантической информативности. Для практического использования понятия семантической информативности и дальнейшей автоматизированной диагностики необходимо создание системы эталонов, характеризующих состояния здорового пациента и разные патологии. В этом случае автоматизированная обработка рентгеновских снимков позволит соотнести ситуацию к одному из случаев описанных эталонами и уменьшает нагрузку на врача, как на лицо принимающее решение. Окончательное решение принимает врач. Автоматизированная обработка лишь сокращает время анализа. Кроме того, в нелинейной зоне рентгеновского снимка возможна диагностика только на основе цифровых методов.

## Заключение

Информативность рентгеновского снимка как семантическая информативность, определяется в первую очередь содержательностью информации, которую можно использовать для диагностики. Это основной фактор. Как вспомогательный фактор на информативность влияет дешифрируемость рентгеновского изображения и область характеристической кривой, на которой расположена важная информация. При аналоговой визуальной диагностике область информативности сужается. При использовании цифровых методов обработки изображения область информативности расширяется за счет улучшения качества изображения цифровыми методами и за счет линеаризации нелинейных участков характеристической кривой, на которые может попасть изображение. Кроме того, цифровые методы дают возможность подключать методы статистического анализа, которые человеческим глазом не воспринимаемы. Этим повышается обоснованность и качество диагностики при лучевой терапии. Статистическая информативность оказывает малую помощь в диагностике, в сравнении с семантической информативностью.

## Примечания:

1. Никитина Е.А. Конвергентные технологии и трансформация структуры познания // Образовательные ресурсы и технологии. 2014. № 5. С. 157–166.
2. Антохина Ю.А., Зайченко К.В. Управление качеством проекта медико-технического образования в ГУАП // Образовательные ресурсы и технологии. 2014. № 4. С. 3-4.
3. Номоконов И.Б. Факторы формирования рентгеновского изображения // Славянский форум. 2015. 1(7) с.190-197
4. С.Е. Shannon, 1948. A Mathematical Theory of Communication, Bell System Technical Journal, vol. 27 : 379–423 & 623–656, July & October, 1948
5. Floridi, L., 2011. Semantic conceptions of information. <http://plato.stanford.edu/entries/information-semantic> дата доступа 24.05.2014.
6. Колмогоров А. Н. Три подхода к определению количества информации // Проблемы передачи информации. 1965. том 1, вып.1. с.3-11.
7. Шрейдер Ю. А. О семантических аспектах теории информации. Информация и кибернетика. М.: Советское радио, 1967, С.15-47.
8. Цветков В.Я.. Введение в теорию информации. М.: МаксПресс, 2007. 115с.
9. Иванников А.Д., Тихонов А.Н., Цветков В. Я. Основы теории информации. М.: МаксПресс, 2007. 356с.
10. Tsvetkov V.Ya. The K.E. Shannon and L. Floridi's amount of information // Life Science Journal. 2014. 11 (11). pp.667-671.
11. Tsvetkov V.Ya. Dichotomous Systemic Analysis. // Life Science Journal. 2014. 11(6). p.586-590.
12. Tsvetkov V.Ya. Opposition Variables as a Tool of Qualitative Analysis // World Applied Sciences Journal. 2014. 30 (11) :1703-1706.

13. Терешенков О.М. Изобразительные свойства и дешифрируемость радиолокационных снимков // Дистанционные методы в геологических исследованиях: сборник научных трудов. 1980. С. 74.
14. Фальк Я. Формирование и обработка сигнала изображения в цифровых рентгенотелевизионных системах // Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2004. С. 30.
15. A.S. Sigov and V. Ya. Tsvetkov. Tacit Knowledge: Oppositional Logical Analysis and Typologization // Herald of the Russian Academy of Sciences, 2015, Vol. 85, No. 5, pp. 429–433. DOI: 10.1134/S1019331615040073
16. Лапшина С.Ю. Схема действующего прототипа мультиагентной модели распространения эпидемий // Образовательные ресурсы и технологии. 2014. № 2. С. 39-42.

### References:

1. Nikitina E.A. Konvergentnye tehnologii i transformacija struktury poznaniya // Obrazovatel'nye resursy i tehnologii. 2014. № 5. S. 157-166.
2. Antohina Ju.A., Zajchenko K.V. Upravlenie kachestvom proekta mediko-tehnicheskogo obrazovaniya v GUAP // Obrazovatel'nye resursy i tehnologii. 2014. № 4. S. 3-4.
3. Nomokonov I. B. Faktory formirovaniya rentgenovskogo izobrazheniya // Slavjanskij forum. 2015. 1(7). s.190-197.
4. C.E. Shannon, 1948. A Mathematical Theory of Communication, Bell System Technical Journal, vol. 27: 379–423 & 623–656, July & October, 1948
5. Floridi, L., 2011. Semantic conceptions of information. <http://plato.stanford.edu/entries/information-semantic> дата доступа 24.05.2014.
6. Kolmogorov A. N. Tri podhoda k opredeleniju kolichestva informacii // Problemy peredachi informacii. 1965. tom 1, vyp.1. s.3-11.
7. Shrejder Ju. A. O semanticheskikh aspektah teorii informacii. Informacija i kibernetika. M.: Sovetskoe radio, 1967. s.15-47.
8. Tsvetkov V.Ya. Vvedenie v teoriju informacii. M.: MaksPress, 2007. 115s.
9. Ivannikov A.D., Tihonov A.N., Tsvetkov V.Ya. Osnovy teorii informacii. M.: MaksPress, 2007. 356s.
10. Tsvetkov V.Ya. The K.E. Shannon and L. Floridi's amount of information // Life Science Journal. 2014. 11 (11). pp.667-671.
11. Tsvetkov V.Ya. Dichotomous Systemic Analysis. // Life Science Journal. 2014. 11(6). p.586-590.
12. Tsvetkov V.Ya. Opposition Variables as a Tool of Qualitative Analysis // World Applied Sciences Journal. 2014. 30 (11):1703-1706.
13. Tereshenkov O.M. Izobrazitel'nye svojstva i deshifriruemost' radiolokacionnyh snimkov // Distancionnye metody v geologicheskikh issledovaniyah: sbornik nauchnyh trudov. 1980. S. 74.
14. Fal'k Ja. Formirovanie i obrabotka signala izobrazheniya v cifrovyyh rentgenotelevizionnyh sistemah // Izvestija SPbGJeTU «LJeTI». 2004. S. 30.
15. A.S. Sigov and V. Ya. Tsvetkov. Tacit Knowledge: Oppositional Logical Analysis and Typologization // Herald of the Russian Academy of Sciences, 2015, Vol. 85, No. 5, pp. 429–433. DOI: 10.1134/S1019331615040073
16. Lapshina S.Ju. Shema dejstvujushhego prototipa mul'tiagentnoj modeli rasprostraneniya jepidemij // Obrazovatel'nye resursy i tehnologii. 2014. № 2. S. 39-42.

УДК 616-079, 303.732

### Семантическая информативность

Иван Борисович Номоконов

Иркутская районная больница, Российская Федерация  
 заведующий отделением лучевой диагностики  
 E-mail: nomokonov-86@bk.ru

**Аннотация.** Статья раскрывает особенности оценки информативности рентгеновского изображения. Вводятся понятия статистическая и семантическая информативность. Статистическая информативность оценивается на основе теории статистической теории информации и понятии энтропия. Семантическая информативность оценивается по содержательности признаков на изображении. Она является развитием семантической теории информации. Показано, что для диагностики необходимо применять семантическую информативность.

**Ключевые слова:** диагностика, лучевая терапия, рентгеновские снимки, информативность.