

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАКСИМАЛЬНОГО РАЗРЕШЕНИЯ ПЕЧАТИ ПУТЕМ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДОВ ТЕОРИИ ОБНАРУЖЕНИЯ СИГНАЛОВ К ПСИХОФИЗИЧЕСКОМУ ШКАЛИРОВАНИЮ

Ташбек А.К.¹, Есимова Н. С.²,

¹ Колледж «Акмечеть», Республика Казахстан, Кызылорда-студент

² Колледж «Акмечеть», Республика Казахстан, Кызылорда –преподаватель.

ПензГТУ-Пензенский государственный технологический университет, Россия, Пенза, аспирант заочного отделения. E-mail: nurzipa.esimova@mail.ru

Статья посвящена определению предельного разрешения ощущения разницы между изображениями в различных диапазонах разрешений для сжатых и несжатых форматов, как многоцветных, так и монохромных изображений, разработав новый подход к определению дифференциальных порогов и психофизической функции на основе теории обнаружения сигнала.

Актуальность. В классических психофизических теориях после Г.Т. Фехнера по существу прекращается обсуждение активности сознания в процессе обнаружения сигнала. Поэтому настоящая работа заключается в разработке и применении нового подхода к построению психофизических функций основанного на теории обнаружения сигнала, которая трактуется как выделение сигнала на фоне шума. Результаты исследования, проведенного по данной методике, должны дать ответ на вопрос: как связано изменение чувствительности сенсорной системы восприятие качества изображения с его разрешением? Кроме этого, результаты исследования в рамках этого подхода должны помочь в определении дифференциальных порогов произвольной вероятности.

Научная новизна. До настоящего момента в классических теориях, основанных на степенном и логарифмическом законе существуют противоречивые точки восприятия сенсорных сигналов, и отсутствует общепринятый закон, описывающий реакцию сенсорной системы человека на стимулы. Нами предложен новый подход к построению психофизических функций на основе теории обнаружения сигнала.

Предмет исследования. Связь между объективными характеристиками (разрешением оттиска) и субъективно воспринимаемым качеством на примере цифровых фоторепродукций.

Вывод:

Определены дифференциальные пороги и предельные разрешения ощущения разницы между изображениями в различных диапазонах разрешений для сжатых и несжатых форматов, что дает нам максимальное разрешение для алгоритмического сжатого и несжатого изображения как многоцветных, так и монохромных изображений.

Ключевые слова: психофизическое шкалирование, теория обнаружения сигналов, дифференциальный порог, ложная тревога.

DETERMINATION OF THE MAXIMUM PRINT RESOLUTION BY APPLYING THE METHODS OF THE SIGNAL DETECTION THEORY TO PSYCHOPHYSICAL SCALING

Tashbek A.K.¹, Esimova N. S.²,

¹ Akmechet College, Republic of Kazakhstan, Kyzylorda student

² “Akmechet” College, Republic of Kazakhstan, Kyzylorda - teacher.

PenzGTU-Penza State Technological University, Russia, Penza, graduate student of the correspondence department. E-mail: nurzipa.esimova@mail.ru

The article is devoted to the determination of the limiting resolution of the perception of the difference between images in different resolution ranges for compressed and uncompressed formats, both multicolor and monochrome images, developing a new approach to the determination of differential thresholds and the psychophysical function based on the theory of signal detection.

Relevance.Essentially in classical psychophysical theories after G.T. Fechner stops discussing the activity of consciousness in the process of signal detection. Therefore, the present work consists in the development and application of a new approach to the construction of psychophysical functions based on the theory of signal detection, which is treated as signal extraction against a noise background. The results of the research conducted using this technique should give an answer to the question: how is the sensitivity of the sensory system related to the perception of the image quality with its resolution? In addition, the results of the study within this approach should help in the determination of differential thresholds of arbitrary probability.

Scientific novelty.Until now, in classical theories based on the power law and the logarithmic law there are controversial points of perception of the sensory signals, and there is no generally accepted law which describes the response of the human sensory system to stimulus. We proposed a new approach to the construction of psychophysical functions based on the theory of signal detection.

Subject of research.The connection between objective characteristics (the resolution of the print) and subjectively perceived quality taking the example of digital photoreproductions.

Conclusion:

Differential thresholds and limiting resolutions of the perception of the difference between the images in different resolution ranges for compressed and uncompressed formats are determined, which gives us the maximum resolution for an algorithmic compressed and uncompressed image of both multicolor and monochrome images.

Key words: psychophysical scaling, the theory of signal detection, differential threshold, false alarm.

Психофизика – узкая область физиологии, изучающая взаимодействие между объективно измеримыми физическими процессами и субъективными ощущениями. Основы психофизики заложили немецкие исследователи XIX в. Густав Теодор Фехнер и Эрнст Генрих Вебер [1].

Шкалирование – одна из разновидностей измерительных методов, применяемых в психологии.

Пример шкалирования в сенсорной психофизике процедуры измерения порогов абсолютной и разностной чувствительности, установления «психометрической кривой» соответствия стимулов и ощущений. Шкалирование отличается от единичного измерения тем, что позволяет по отдельным наблюдениям воссоздать целостную кривую отображения (функциональную зависимость) свойств стимула, но свойства ощущений. На основании этой построенной шкалы оказывается возможным по величине стимула предсказать интенсивность ощущения (субъективной реакции на стимул).

Теория обнаружения сигнала (ТОС) – базовая теория современной психофизики, основанная на аналогичной теории в радиотехнике и теории статистических решений. Полагается, что повторные предъявления одного и того же стимула (шума или сигнала на фоне шума) вызывают у испытуемого распределение сенсорных эффектов. Предполагается, что испытуемый в каждой пробе оценивает отношение правдоподобия (вероятностей) двух возможных предъявлений (шума или сигнала в смеси с шумом, что для краткости называют просто «сигналом»), генерирующих полученный сенсорный эффект. Он выбирает критерий принятия решения как разделяющую границу на оси сенсорных эффектов и использует следующее правило решения: отвечать, что предъявлялся сигнал, если сенсорный эффект и отношение правдоподобия больше критерия и что предъявляется шум – если меньше. Этот алгоритм оптимален по любому из принятых в теории решений критериев оптимальности[4].

Дифференциальный порог – сенсорный порог, характеризующийся минимальным различием между двумя раздражителями, воспринимающимися как различные или на которые может быть сформированы две различные реакции.

Дифференциальный порог, или порог различения – это минимальная разница между двумя сигналами, необходимая для того, чтобы они были восприняты как разные сигналы. Иными словами, это мера наименьшей обнаруживаемой разницы между двумя сигналами. Она преимущественно отвечает на следующий вопрос психофизики: насколько должны отличаться друг от друга два сигнала предположим, два веса, два цвета, два звука или две текстуры, чтобы они были восприняты как разные раздражители [2].

Ложная тревога – понятие, используемое в психофизиологии для обозначения положительного ответа испытуемого о наличии восприятия сигнала при его отсутствии [3].

Методы, традиционно используемые при определении абсолютного порога, были разработаны Густавом Теодором Фехнером (1801–1887) [5], физиком и философом, который считается основоположником психофизики.

Метод границ (метод минимального изменения). Одним из простейших методов является метод, названный методом границ, или методом минимального изменения.

Чтобы исключить источники необъективности и ошибок, сейчас широко используют модификации метода границ. В соответствии с одной из них, называемой *методом лестницы (staircase method)* (Cornsweet) [6].

Метод постоянных раздражителей также является одним из методов определения абсолютного порога. Он требует проведения серии экспериментов с принудительным выбором [7].

Процедура уравнивания стимулов (метод средней ошибки). Особенностью этого метода является то, что *интенсивность стимула контролируется наблюдателем*, т.е. наблюдатель должен довести интенсивность до *едва распознаваемого уровня*, который признается пороговым [8].

Если классическую психофизику называют *объективной*, то современная психофизика в большей степени *субъективная*; решение принимает испытуемый и он на него может повлиять. Современный вариант сенсорной психофизики – теория обнаружения сигналов – исходит из постулата о непрерывном, (а не дискретном, пошаговом как у Фехнера, возрастании интенсивности ощущения наравне с возрастанием интенсивности стимула. Второй постулат Фехнера – постулат нижнего абсолютного порога, как абсолютного 0 на шкале стимулов был раскритикован теорией обнаружения сигналов. Был введен вероятностный диапазон обнаружения стимула, т.е. порог стал не точкой, а диапазоном: вместо понятия порога вводится модель сигнала на фоне шума. Нет такой условной точки на шкале раздражителей, которая разделяла бы отсутствие и наличие ощущения [11].

Чтобы найти связь между объективными характеристиками (разрешением оттиска) и субъективно воспринимаемым качеством на примере цифровых фоторепродукций [9], было проведено индивидуальное тестирование, предъявление пар ахроматических оттисков и предъявление пар хроматических оттисков соответственно.

В выборке исследований участвовали студенты и магистранты специальности «Технология полиграфии и упаковочного производства» Кафедры полиграфии и веб-дизайна ИРИТ-РТФ Уральского федерального университета имени первого Президента России Б.Н. Ельцина.

С целью создания одинаковых условий прохождения тестирования всеми испытуемыми была создана экспериментальная установка в виде кабины. Внутри помещался испытуемый, стул и поверхность, которая выполняет функцию стола. Установка изолирована от внешних источников света. Освещение внутри соответствует условиям стандарта *ISO 3664:2000* «Условия просмотра – полиграфия и фотография».

Для проведения исследования использовался тест, который представлял собой сравнение пар черно-белых и цветных изображений, отпечатанных на отдельных листах

бумаги формата А4, а в процессе прохождения теста испытуемый рассматривал каждую пару, сравнивал качество правого изображения с левым, и оценивал его как «лучше», «хуже» или «одинаково». Были получены данные респондентов для трех диапазонов разрешений.

Для теста были выбраны три диапазона разрешений: 13–17, 24–39 и 44–153 точек/см, условно названных зонами «низких», «средних» и «высоких» разрешений соответственно.

Имеются 9 вариантов возможности исходов, которые представлены на таблице 1.

Таблица 1

Исходы опыта и их вероятности

Стимул	Ответ	Событие		Вероятности событий
+	+	Hit	Попадание (Правильное обнаружение положит. сигнала) H^+	$H^+ = P(H^+) = \int f(R; \Delta R)0; x)dx = 0,5 - \Phi\left(\frac{\psi^+ - a}{\sigma}\right)$
+	0	Omission ⁺	Пропуск положит. сигнала O^+	$o^+ = P(O^+) = \int_{\psi^-}^{\psi^+} f(R; \Delta R)0; x)dx = \Phi\left(\frac{\psi^+ - a}{\sigma}\right) - \Phi\left(\frac{\psi^- - a}{\sigma}\right)$
+	-	Inversion	Инверсия положит. сигнала (Супер Ложная Тревога) I^+	$i^+ = P(I^+) = \int_{-\infty}^{\psi^-} f(R; \Delta R)0; x)dx$
0	+	False Alarm	Ложная тревога FA^+	$a^+ = P(FA^+) = \int_{\psi^+}^{+\infty} f(R; \Delta R)0; x)dx$
0	0	Correct Rejection	Корректное отрицание сигнала. CR	$\gamma = P(CR) = \int_{\psi^-}^{\psi^+} f(R; \Delta R)0; x)dx$
0	-	False Alarm	Ложная тревога FA^-	$a^- = P(FA^-) = \int_{-\infty}^{\psi^-} f(R; \Delta R)0; x)dx$

-	+	Inversion	Инверсия отриц. сигнала(Супе р Л.Т) I ⁻	$i^+ = P(I^-) = \int_{\psi^+}^{+\infty} f(R; \Delta R) \delta(x) dx$
-	0	Omission ⁻	Пропуск отриц. сигнала O ⁻	$o^- = P(O^-) = \int_{\psi^+}^{\psi^-} f(R; \Delta R) \delta(x) dx$
-	-	Hit	Попадание (Правильное обнаружение отриц. сигнала) H ⁻	$h^- = P(H^-) = \int_{-\infty}^{\psi^-} f(R; \Delta R) \delta(x) dx$

Стимулы правильные ответы, то есть положительный ответ («лучше») обозначался символом «+», отрицательный символом «-», а отсутствие разницы символом «=». Второй столбец ответы данные респондентом [10].

Результаты тестов обрабатывались для каждого из трех диапазонов разрешений: 13–17 точек/см, 24–39 точек/см и 44–153 точек/см. Были найдены вероятности ложных тревог и построены зависимости частоты всех 9-ти исходов ответов от разности между разрешением правого и левого снимков.

Зависимости, были построены на основе множества точек в виде линейной линии тренда. По оси ординат оценка вероятностей ответов, по оси абсцисс разница разрешений.

На графиках было видно, что коэффициент при параметре x (интенсивность психологического восприятия) уменьшается по мере увеличения разрешения. Для цветных и черно-белых изображений с низким и средним разрешением высокая достоверность аппроксимации. А для высоких разрешений обоих видов оттисков, R^2 (коэффициент ошибок) был очень низок, что говорит о слабой достоверности аппроксимации. Из чего можно сделать вывод, что при увеличении разрешения респондент, не замечая разницы, просто пытается угадать.

Так же на графиках были показаны уровни ложных тревог и верного отклонения для всех диапазонов разрешений цветных и черно-белых изображений. Числовые данные представлены в табл. 2.

Таблица 2

Найденные ложные тревоги и верное отклонение

Диапазон разрешений, точек/см	Формат файла	P(FA+)	P(CR)	P(FA-)
13–17	color	0,19	0,57	0,24
	b/w	0,22	0,58	0,19
24–39	color	0,19	0,61	0,2
	b/w	0,19	0,57	0,24
44–153	color	0,24	0,63	0,13
	b/w	0,2	0,62	0,18

Суммарная вероятность составляет около 0,4, что свидетельствует о склонности человека видеть разницу там, где ее нет.

В точках пересечения с прямыми $y = 0,5$ аргументы функций образуют интервал значений, равный дифференциальному порогу. В табл.3 представлены найденные значения дифференциальных порогов для каждого диапазона разрешений.

Таблица 3

Абсолютный дифференциальный порог

Диапазоны разрешений точек/см	Тип изображений	Абсолютный дифф. порог точек/см	Абсолютный дифф. Порог dpi
13–17	Цветные	2,7	6,9
	Черно-белые	1,68	4,3
24–39	Цветные	8,4	21,3
	Черно-белые	2,62	6,7
44–153	Цветные	146,2	371,3
	Черно-белые	121,3	308,1

Дифференциальные пороги были найдены для построения графика определения порогового разрешения, который представлен на рисунке 1.

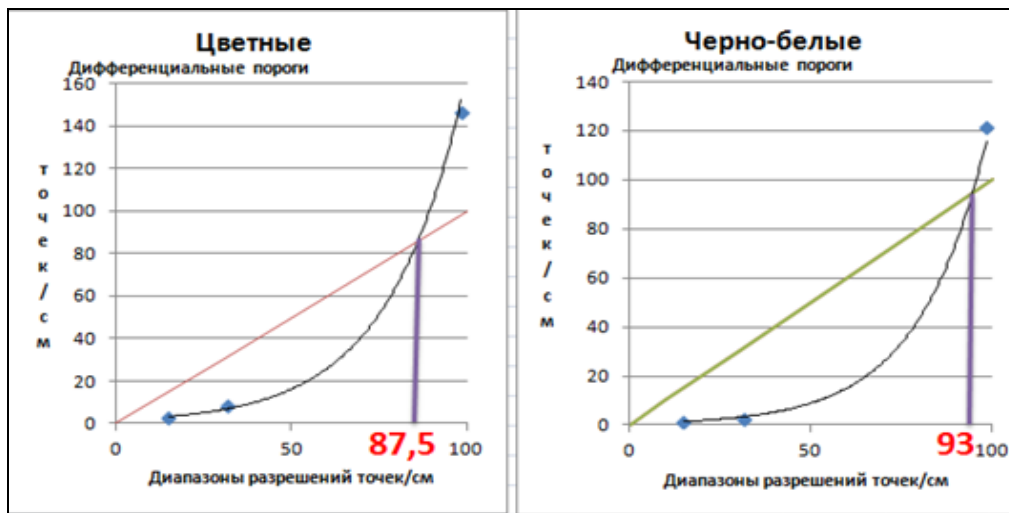


Рис. 1 Определение порогового разрешения

По оси ординат, найденные выше дифференциальные пороги точек/см, а по оси абсцисс диапазоны разрешений точек/см. Дифференциальные пороги находятся в близких диапазонах друг к другу. Из графиков было найдено предельное разрешение – разрешение, равное величине дифференциального порога. Его значение составило 87,5; 93 точек/см или 222,6; 236,6, точек/дюйм.

Для произвольного выбора способа печати, так как при изготовлении стимульного материала использовался способ печати, обеспечивающий максимального качество оттиска, а именно струйная печать, то можно утверждать, что для этого и для любого другого способа печати можно дать следующие рекомендации максимальное разрешение для алгоритмического сжатого и несжатого изображения как многоцветных, так и монохромным составляет порядка 90 точек/см 229 dpi разрешения выше этого использовать нецелесообразно, так как вычислительные ресурсы систем обработки информации будут задействованы, а разницы в качестве потребитель не увидит.

ВЫВОДЫ

В результате работы были достигнуты цели и задачи, поставленные нами:

1. Предложен подход к построению психофизической функции на основе теории обнаружения сигнала.
2. Показано, что в рамках этого подхода могут быть определены дифференциальные пороги произвольной вероятности в отличие от традиционной вероятности 0,5.
3. Определены дифференциальные пороги и предельные разрешения ощущения разницы между изображениями в различных диапазонах разрешений для сжатых и несжатых форматов, что дает нам максимальное разрешение для алгоритмического сжатого и

несжатого изображения как многоцветных, так и монохромным составляет порядка 90 точек/см или 229 *dpi* разрешения выше этого использовать нецелесообразно, так как вычислительные ресурсы систем обработки информации будут задействованы, а разницы в качестве потребитель не увидит.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Забродин, Ю. М. Основы психофизической теории сенсорных процессов / Ю. М. Забродин. М. : Наука, 1977. –131 с.
2. Сергеев, А.П. Разработка методики определения параметров всех вероятностей исходов ответа на предлагаемый стимул / А. П. Сергеев –2014.–5 с.
3. Скотникова, И.Г. Субъектный подход в психофизике : автореф. дис. ... доктора психолог. наук / И. Г. Скотникова –М., 2009. – 51 с.
4. Шиффер, Р. Психология ощущений / Р. Шиффер. – М. : ОЛМА-Пресс, 2004. – 40 с.
5. Фехнер, Г.Т. Элементы психофизики : 2 т.– Лейпциг Scince, 1860. – 129 с
6. Стивенс, С. С. Основной психофизический закон: Psychological Review / С. С. Стивенс. М. : Академия, 1957. – 181 с.
7. Психофизика: законы Фехнера и Стивенса. Основные положения теории обнаружения сигнала [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://shpargalki.ru/news/34.html> (дата обращения 12.10.2019). – Загл. с экрана.
8. Психофизика [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://epistemology_of_science.academic.ru/658/psihofizika (дата обращения: 16.10.2019). – Загл. с экрана.
9. Психофизика [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/psihofizika> (дата обращения: 18.10.2019). – Загл. с экрана.
10. Дифференциальный порог [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://dic.academic.Ru/dic.Nsf/psihologic/563/> (дата обращения: 20.10.2019). – Загл. с экрана
11. Карпинская, В. Ю. Влияние иллюзорного изменения стимула на порог его обнаружения [Электронный ресурс] / В. Ю. Карпинская. – Режим доступа:<http://www.dissercat.com/content/vliyanie-illyuzornogo-izmeneniya-stimula-na-porog-ego-obnaruzheniya> (дата обращения 13.11.2019). – Загл. с экрана.