

ЭВОЛЮЦИЯ ТЕЛЕВИЗИОННЫХ СИСТЕМ В КОНТЕКСТЕ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ВИДЕОИЗОБРАЖЕНИЙ

А.А. Гоголь^{1*}, Е.И. Туманова¹

¹Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича,
Санкт-Петербург, 193232, Российская Федерация

*Адрес для переписки: Al.Gogol@mail.ru

Информация о статье

УДК 621.397.132.59

Язык статьи – русский

Ссылка для цитирования: Гоголь А.А., Туманова Е.И. Эволюция телевизионных систем в контексте оценки качества видеоизображений // Труды учебных заведений связи. 2018. Т. 4. № 1. С. 32–39.

Аннотация: В статье рассматриваются этапы развития телевизионных систем и критерии оценки качества изображений. Представлен расчет количества планов (сечений) глубины, основанный на остроте глубинного зрения человека, позволяющий оценить качество объемных изображений. Представлены результаты экспериментальных исследований влияния телевизионных и сетевых параметров на качество объемного телевизионного изображения. Показаны пути развития оценки качества видеoinформации в инфокоммуникационных системах.

Ключевые слова: критерии, оценка, параметры, качество, объемное изображение.

Введение

В XX веке телевидение совершило огромный скачок в развитии. От механического телевидения мир перешел к электронному, от черно-белого к цветному, от стандартного качества к высокому. Сразу возникла необходимость в оценке качества получаемого изображения. Разрабатывались объективные и субъективные методики, а также стандарты по оценке качества телевизионных изображений.

В декабре 2015 г. в рамках круглого стола «Актуальные задачи развития, управления отечественных телекоммуникаций / ИКТ», организованного Международной академией связи, выступил бывший министр связи СССР (1991 г.) Г.Г. Кудрявцев, который считает, что качество должно оцениваться как: качество связи, качество сетей связи, качество услуг и качество восприятия.

В зависимости от технических параметров телевизионной системы со временем менялись и критерии оценки; однако разрешающая способность изображения при заданной четкости была и остается ее важнейшим параметром. Поэтому эволюция телевизионных систем в контексте оценки качества соответствующих видеоизображений представляет несомненный научный интерес и заслуживает своего исследования.

Критерии оценки качества механического телевидения

В Москве в апреле 1931 г. коллектив лаборатории телевидения Всесоюзного электротехнического института под руководством В.И. Архангельского и П.В. Шмакова осуществил экспериментальную радиопередачу сигналов изображения в Ленинград, а с октября 1931 г. начались регулярные передачи изображения по немецкому стандарту 30 строк (1200 элементов, учитывая соотношение сторон кадра 3x4), 12,5 кадров в секунду на волне 379 м и звука на волне 720 м [1]. Так называемое механическое телевидение было основано на системе Нипкова (рисунок 1) [2].

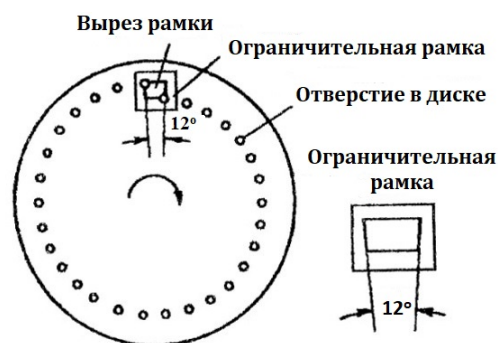


Рис. 1. Диск Нипкова

Немецкий инженер Пауль Нипков запатентовал оптико-механическое устройство, состоящее из непрозрачного диска большого диаметра, по внешнему краю которого располагались отверстия по спирали Архимеда. Каждое отверстие соответствовало строке, а количество строк развертки изображения определялось количеством отверстий в диске. В зависимости от модификации устройства существовали системы с количеством строк разложения от 30 до 120.

Благодаря техническим достижениям после 1935 г. были разработаны механические системы на 180 строк и более. Однако такие недостатки оптико-механического телевидения как низкая четкость, малый размер экрана и слабая яркость изображения предопределили ее судьбу. Эти системы просуществовали до начала Второй мировой войны, уступив электронным системам с лучшими параметрами.

Критерии оценки качества электронного телевидения

Борис Львович Розинг, первый ученый, реализовавший на практике работу электронного телевидения, родился в Санкт-Петербурге в 1869 году. В 1891 г. с отличием закончил физико-математический факультет Санкт-Петербургского университета. Поисками способа электрической передачи изображения в Технологическом институте Санкт-Петербурга, где он работал с 1892 года, Розинг занимался несколько лет. Еще в 1907 году он подал первую в мире заявку на патентование электронного телевидения. В силу различных причин открытие Розинга оказалось по достоинству оценено в первую очередь за рубежом: изобретение было запатентовано в 1908 году в Англии и в 1909 г. в Германии, и лишь в 1910 г. – в России.

Но главной датой в жизни Розинга – ученого является 9(22) мая 1911 года. В этот день Борису Львовичу удалось успешно передать и получить точное изображение на экране пока еще простейшего устройства, бывшего прототипом кинескопа современного телевизора, которое ученый назвал «электрическим телескопом». Опыт Розинга состоял в следующем. Используя электронный луч, на экране осциллографической электронно-лучевой трубки появлялось изображение, которое состояло из 4 белых полос на черном фоне. Среди тех, кто помогал Розингу в проведении опыта, был тогда еще студент Санкт-Петербургского Технологического института Владимир Зворыкин – именно его, а не Розинга через несколько десятилетий назовут отцом телевидения, хотя в основе работы всех воспроизводящих телевизионных устройств лежал принцип, открытый Борисом Львовичем.

Через год, в 1912 г., за свой успешный опыт Борису Львовичу была присуждена Золотая медаль русского технического общества, а также премия

имени К.Г. Сименса, что было отражено в протоколах собраний Русского технического общества. Талантливый ученый получил заманчивое предложение из США, где ему предлагали все условия для дальнейшей научной работы, но Розинг отказался, не считая правильным продавать результаты своих научных трудов иностранцам.

В 1938 г. в Советском Союзе начались передачи электронного телевидения с четкостью 343 строки. Первый стандарт электронного телевизионного вещания в СССР с разложением на 441 строку был принят 27 декабря 1940 г. [3]; однако просуществовал недолго. В 1948 г. Московский телецентр был переведен на стандарт 625 строк.

На кафедре ЛЭИС им. проф. М.А. Бонч-Бруевича под руководством проф. П.В. Шмакова с начала 50-х годов проводились исследовательские работы по созданию одновременной совместимой системы цветного телевидения. В 1956 г. аппаратура была перевезена в Москву для демонстрации ее работы специалистам и членам правительства. В 1958 г. делегатам XI Исследовательской комиссии Международного консультативного комитета по радио в Москве и Ленинграде были продемонстрированы результаты работы по цветному телевидению, получившие высокую оценку. Дальнейшие работы по внедрению цветного телевизионного вещания проводились во ВНИИ телевидения (Ленинград).

В 60-х годах XX века из множества систем цветного телевидения были приняты: NTSC, PAL и SECAM. Систему SECAM (625 строк, 50 Гц) – разработку советских и французских специалистов – кроме СССР и Франции предпочли страны Восточной Европы, Африки и Азии. Систему PAL (525 строк, 50 Гц), разработанную в Германии, выбрали страны Западной Европы, Австралии, частично Азии и Африки. Американская система NTSC (525 строк, 60 Гц) использовалась в Японии, Канаде и странах Латинской Америки. Регулярные передачи по системе SECAM начались в нашей стране 1 октября 1967 г.

Для оценки качества видеоизображений был специально разработан государственный стандарт СССР [4], который устанавливал лабораторные методы субъективной оценки качества цветных телевизионных изображений при разработке и исследовании телевизионных вещательных систем и отдельных телевизионных устройств.

Критерии оценки качества цифрового телевидения

Следующим этапом развития телевидения в мире стал переход на цифровое вещание. В соответствии с Рекомендацией МСЭ-Р [5] все предлагаемые стандарты (1080/24/1:1, 1080/25/1:1, 1080/30/1:1, 1080/50/1:1, 1080/60/1:1, 1080/50/2:1 и 1080/60/2:1) основываются на едином формате изображения, предусматривающем 1080 активных

строк в кадре с 1920 отсчетами по горизонтали в активной части строки. Формат 16:9 предусматривает формирование квадратной структуры отсчетов (соответствует квадратным элементам изображения на экране), обычно используемой в компьютерной практике. В Рекомендации установлен единый универсальный формат построения ТВЧ-изображения (телевидения высокой четкости) на 1080 активных строк при частоте кадров 24 Гц, принятой в кинематографе (формат 24Р).

В октябре 1997 г. Ассамблея радиосвязи МСЭ приняла большой пакет мировых стандартов в области телевидения высокой четкости, цифрового программного телевидения, цифрового наземного телевидения и т.д.

Научно-исследовательский институт телевидения в рамках проекта технического регламента 032 «О безопасности средств связи» разработал пять стандартов в области цифрового широкоформатного телевидения. Они утверждены Агентством по техническому регулированию и метрологии Российской Федерации и вступили в действие с 1 декабря 2010 г. Национальные стандарты устанавливают основные параметры и общие требования к перспективным цифровым широкоформатным телевизионным системам [6-9].

Параллельно был разработан государственный стандарт [10] для цифрового вещательного телевидения, в соответствии с которым вводятся измерительные сигналы цифрового телевизионного канала передачи с учетом параметров цифровой телевизионной вещательной системы, а также определяет методы контроля структуры цифрового транспортного потока со сжатием.

В соответствии с Федеральной целевой программой «Развитие телерадиовещания в Российской Федерации на 2009-2018 годы» переход от аналогового к цифровому телевизионному вещанию на территории нашей страны должен пройти до октября 2018 г.

Стандарты и методы оценки качества

Оценка качества изображения может быть проведена как объективными методами, так и субъективными. Каждый из них имеет свои достоинства и недостатки.

Объективную оценку проводят с помощью программных и аппаратных средств. В качестве метрик для оценки, как правило, используют следующие критерии: пиковое отношение сигнал/шум (PSNR, *от англ.* Peak Signal to Noise Ratio), индекс передачи медиа (MDI, *от англ.* Media Delivery Index), оценка качества видео (VQM, *от англ.* Video Quality Metric), оценка качества движущихся изображений (MPQM, *от англ.* Moving Pictures Quality Metric) и индекс структурного сходства (SSIM, *от англ.* Structural Similarity Index).

Субъективная или экспертная оценка проводится, как правило, с группой лиц для качественной/количественной оценки свойств объекта. Методики субъективной оценки в зависимости от исследуемого контента и поставленной задачи разделяют по используемому методу на следующие: метод оценки непрерывного качества одного входного сигнала (SSCQE, *от англ.* Single Stimulus Continuous Quality Evaluation), метод двойного входного сигнала с использованием шкалы ухудшения (DSIS, *от англ.* Double-Stimulus Impairment Scale), метод с двумя источниками воздействия и непрерывной шкалой качества (DSCQS, *от англ.* Double Stimulus Continuous Quality Scale), метод непрерывной оценки с двумя источниками непрерывного воздействия (SDSCE, *от англ.* Simultaneous Double Stimulus For Continuous Evaluation), метод усредненной субъективной оценки (MOS, *от англ.* Mean Opinion Score) и метод попарного сравнения (PC, *от англ.* Paired Comparisons).

В свое время широкое распространение получила интегральная оценка качества, предложенная М.В. Антипиным [11]. Интегральный критерий качества численно выражается некоторым функционалом $Q \leq 1$, представляющим собой произведение n сенсорных характеристик зрительного анализатора $q_i \leq 1$:

$$Q = \prod_{i=1}^n q_i.$$

Каждая сенсорная характеристика соответствует i -му показателю качества изображения (зашумленности, резкости, контрасту и т.д.) и представляет собой зависимость данного показателя, оцениваемого рядом наблюдателей по принятой в психофизике субъективной шкале отношений, от некоторой объективно измеряемой величины. Данный метод не получил дальнейшего применения из-за сложности процедуры оценки, а также же из-за одинакового весового соотношения всех сенсорных характеристик [12].

Основные работы в области стандартизации методов оценки качества видео проводятся Европейским институтом по стандартизации в области телекоммуникаций (ETSI, *от англ.* European Telecommunications Standards Institute), Международным союзом электросвязи (ITU, *от англ.* International Telecommunication Union), Группой экспертов по качеству видео (VQEG, *от англ.* Video Quality Experts Group). Результатами этих работ стали рекомендации, описывающие основные параметры видео нового поколения и его оценки, а также новые стандарты и методы кодирования видеоконтента.

Критерии оценки качества объемных изображений

Устройств отображения изображений с каждым днем становится все больше; вместе с ними увели-

чивается и количество видов видеоизображений, которые позволяют решить научно-прикладные задачи, с которыми стандартные 2D видеоизображения не могут справиться. К такому виду относятся, например, объемные изображения, которые позволяют проводить операции на мозге, обучать в виртуальных лабораториях, ощущать эффект присутствия на театральной или балетной постановке и т.д. Под термином объемные изображения, как правило, понимают изображения, способные создавать иллюзию объема, реалистичности наблюдаемой сцены, например, стереоскопические изображения, виртуальная и дополненная реальность, видео 360 (панорамное видео).

Виртуальная реальность (VR, от англ. virtual reality) – это имитация трехмерного мира, созданная с использованием специальных технических средств, субъектом которого является человек [13]. Другим видом применения виртуальных технологий является дополненная реальность (AR, от англ. augmented reality). Она позволяет в режиме реального времени совмещать существующее физическое изображение цифровыми данными. Примером дополненной реальности может служить выводимые на экран монитора схемы размера поля при телевизионной трансляции спортивного матча.

Для погружения в мир виртуальной реальности используются соответствующие устройства: стереоскопические очки, шлемы, аппаратные средства, сферы виртуальной реальности. Наиболее популярными на данный момент являются виртуальные шлемы Oculus Rift [14], Samsung Gear VR [15] или обычная карточная коробка Google Cardboard [16], в которую вставляют смартфон. Сравнение параметров этих устройств представлено в таблице 1 [17].

ТАБЛИЦА 1. Характеристики воспроизведения видео в виртуальных шлемах

Платформа	Кодек	Разрешение	FPS	Средняя битовая скорость, Мбит/с
Gear VR	h.265	3840×2160	30	10 – 20
Cardboard Android	h.264 (Baseline, level 4.2)	3840×2160	30	20 – 30
Cardboard iOS	h.264 (Baseline, level 3.1)	1920×1080	30	10 – 14
Oculus Rift	h.265 / h.264	4096×4096	60	40 – 60

Качество воспринимаемого изображения, а также реалистичность восприятия виртуального трехмерного пространства зависят от следующих факторов: глубина сцены, сложность графики окружающей среды, реалистичность моделирования взаимодействия пользователя с трехмерной средой, звуковое сопровождение и т.д.

В виртуальной реальности происходит имитация трехмерной среды через наблюдение воспроизводимого видеоизображения. От того, насколько качественным данное изображение, будет зависеть эффект погружения в виртуальную среду. Под качеством изображения в данном случае понимается реалистичность и глубина воспроизводимой среды с наиболее высоким ощущением реализма.

Следующим параметром, влияющим на различие в восприятии между реальной и виртуальной средой, является поле зрения. Поле зрения человека в горизонтальной плоскости, в отличие от вертикальной, где оно постоянно и равно 135°, может принимать различные значения [18]. При восприятии окружающего мира одним глазом поле зрения человека в горизонтальной плоскости равно 150°, а при бинокулярном обзоре – 200°. Из этого следует, что даже существующие виртуальные шлемы со 180° обзора не смогут обеспечить полное совпадение с реальным миром. При использовании виртуального шлема возникает визуальный феномен, который имеет название туннельное зрение [19]. Оно характерно ограничением поля зрения, в том числе периферийного зрения. Периферийное зрение передает в мозг информацию о скорости движения и расстоянии до объектов, в то время как центральное зрение дает лишь приблизительную оценку скорости движущегося объекта на основе изменения размера или угла параллакса между глазами. По этой причине разработчики виртуальных сред стараются расположить основные объекты сцены в центре.

Для создания систем объемного телевидения высокого качества необходимо использовать психологию зрительного восприятия пространства, в том числе остроту стереозрения или глубинную остроту. По методике [20] определено, что 97.3 % из 188 студентов-биологов, участвовавших в эксперименте по оценке стереоостроты, заметили горизонтальную диспаратность при 138" (2.3') или меньше. В ходе эксперимента было выявлено, что 80 % испытуемых обладают стереоостротой 1', а 20 % испытуемых не могли определить глубину менее 30".

Так как восприятие глубины окружающего мира человеком определяется в основном глубиной его поля зрения, то связав это значение с разрешающей способностью глаза по глубине, можно определить максимальную частоту воспроизведения кадров для объемных изображений.

Принимая значения ближней границы области наблюдения (R_1) человека равным 1,5 метра [21] и дальней границы (R_2) области наблюдения – 60 метров [22], можно определить глубину воспринимаемого изображения в фокусе:

$$\Delta R \approx R_2 - R_1 = 60 - 1,5 = 58,5 \text{ м.} \quad (1)$$

Если предположить, что глаз – это приемник, а наблюдаемая сцена является воспроизводящим устройством, как изображено на рисунке 2, то можно считать, что угловая разрешающая способность глаза по глубине будет равна расстоянию между слоями сцены, или в случае передающей системы – планами (сечений) глубины (N_{max}). Чтобы рассчитать данное значение, необходимо глубину поля зрения разделить на глубинную разрешающую способность глаза, выраженную в метрах:

$$N_{max} = \frac{\Delta R}{x} \quad (2)$$

Из рисунка 2б, видно, что x – это расстояние между последним N_{max} и предпоследним планом (сечением) глубины (N_{max-1}), выразим остроту зрения глаза в метрах. Для этого рассчитаем длину дуги x :

$$x = \frac{2\pi r \psi}{360^\circ} = R_2 \psi, \quad (3)$$

где ψ – острота зрения по глубине.

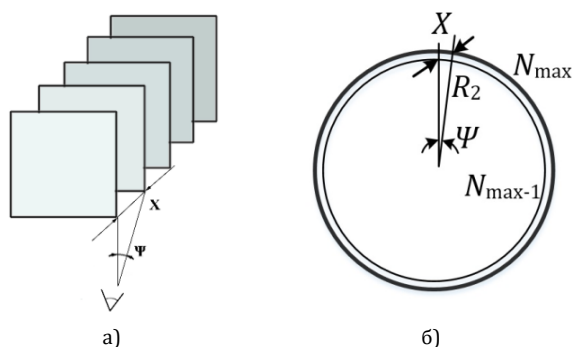


Рис. 2. Определение требуемого количества планов (сечений) глубины

Подставляя значение x в формулу 2, при остроте глубинного зрения $1'$ получим:

$$N_{max} \approx \frac{\Delta R}{x} = \frac{R_2 - R_1}{R_2 \psi} = \frac{58,5}{60 \cdot 0.00029} = 346.$$

При остроте глубинного зрения равном $2'$ количество планов сечений глубины будет равно:

$$N_{max} \approx \frac{\Delta R}{x} = \frac{R_2 - R_1}{R_2 \psi} = \frac{58,5}{60 \cdot 0.00058} = 1681.$$

Таким образом, для максимального качества воспроизведения объемного изображения требуемое количество планов сечений глубины полного кадра объемного изображения, определяемое зрительным аппаратом человека, составляет 3462 плана.

Для определения зависимости качества объемного изображения от количества воспроизводимых планов сечений глубины с различной остротой глубинного зрения человека авторами был проведен следующий эксперимент.

Как известно, для стандартного (двумерного) телевидения был определен формат кадра, геометрические размеры которого представляют собой прямоугольник (формат кадра $k = b/h = 4/3$), в соответствии со строением и характеристиками сетчатки глаза и его оптической системы. Тогда для трехмерного телевидения устройство воспроизведения должно иметь форму параллелепипеда. Конфигурацию данного устройства можно представить следующим образом: если расположить два монитора под углом 90° друг относительно друга, то на монитор «X» должно подаваться фронтальное изображение, а на монитор «Z» планы сечений глубины полного кадра объемного изображения.

На телевизор, который в данном эксперименте выступает в качестве монитора «Z», воспроизводящего планы сечений глубины, выводится набор изображений с предварительно внесенными изменениями. В качестве материала для оценки используется набор статических изображений разрешением 3840×2160 , содержащий белые и черные вертикальные линии: 3840, 1920, 1280, 960, 768, 640, 480, 384, 256, 96, 30.

Эксперт в соответствии с Рекомендацией [23] становился на расстояние просмотра 1186.0 мм и под углом 20° к плоскости экрана телевизора. Участники по одному просматривали и определяли различия между следующими друг за другом изображениями, оценивая путем ответа, присутствует изменение в изображении или нет [24]. Общее количество экспертов составило 15 человек (8 женщин и 7 мужчин) от 18 до 65 лет; средний возраст 26 лет. Предварительно перед проведением испытаний у экспертов было проверено глубинное зрение и определено его значение; диапазон составил от $1'$ до $3'$.

Экспериментальное исследование проводилось в лабораторных условиях. Тестовые изображения воспроизводились на телевизор LG 60UH620V (3840×2160 , 60", LED); результаты экспериментальных исследований представлены на рисунке 3.

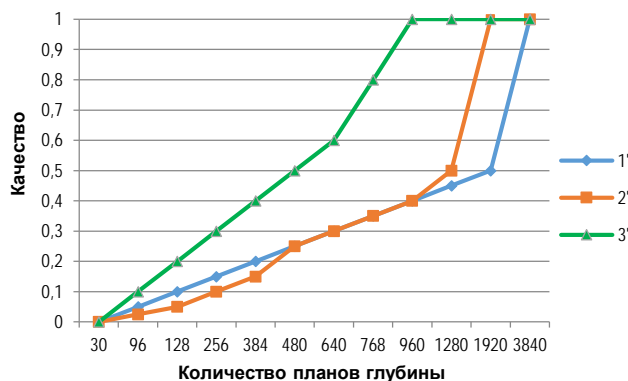


Рис. 3. Зависимость качества изображения от количества планов (сечений) глубины

Исходя из полученных результатов, можно сделать вывод, что при количестве планов сечений глубины равном 3840 достигается максимальное значение качества изображения. Если человек обладает глубинной остротой зрения $2'$, то для достижения максимального качества достаточно меньшее количество планов – 1920. Таким образом, значения, полученные экспериментально, коррелируют с рассчитанными теоретически.

Критерии оценки качества инфокоммуникационных сетей

В соответствии с Рекомендацией МСЭ-Р [25] основными параметрами оценки, в том числе видеоконтента, передающегося по инфокоммуникационным сетям, являются: количество потерянных пакетов, полоса пропускания сети, джиттер и т.д. Однако другая рекомендация МСЭ-Р [26] определяет иные параметры оценки: яркость, контрастность, разрешающая способность и т.д. То есть, одно и то же видеоизображение может быть оценено по совершенно разным параметрам.

Для определения зависимости влияния данных параметров на результат оценки качества воспроизводимого изображения были проведены экспериментальные исследования [27]. Использовалось 9 видеопоследовательностей (стереоскопическая стереопара левая, 1920x1080p, частота кадров 30 кадр/с) с соответствующими искажениями, но с одинаковым содержанием, а именно: различные виды спорта, в т.ч. замедленные и быстрые движения, в которых заранее были ухудшены «сетевые» (потеря пакетов в заданном диапазоне – 1,5 %, 2 %, 3 %, а также ограничение пропускной способности – 9.5 Мбит/с, 10 Мбит/с, 11 Мбит/с) и «телевизионные» (400 ТВЛ, 300 ТВЛ, 200 ТВЛ) параметры.

Исследование проводилось в соответствии с Рекомендацией МСЭ-Р ВТ.2021 «Методы субъективной оценки систем стереоскопического 3D телевидения» в лабораторных условиях. Экспертами выступали студенты. В качестве метода субъективной оценки использовался РС. В соответствии с методикой видеопоследовательности, предварительно прошедшие через «сетевые» и «телевизионные» системы, сравнивались попарно. Наблюдатели оценивали, какой элемент из пары предпочтителен в контексте данного сценария испытаний. Испытываемые системы комбинировались во всех возможных сочетаниях, и все пары последовательностей были предъявлены экспертам в двух возможных порядках следования изображений.

На рисунке 4а приведены результаты оценки глубины, когда сначала демонстрировались изображения с различной четкостью, а затем с различным количеством потерянных пакетов; на рисунке 4б – результаты оценки при обратном представлении последовательностей. На рисунке 5а приведены результаты оценки, когда сначала исследо-

ватели наблюдали изображения с различной четкостью изображения, а после с различной пропускной способностью; на рисунке 5б – наоборот.

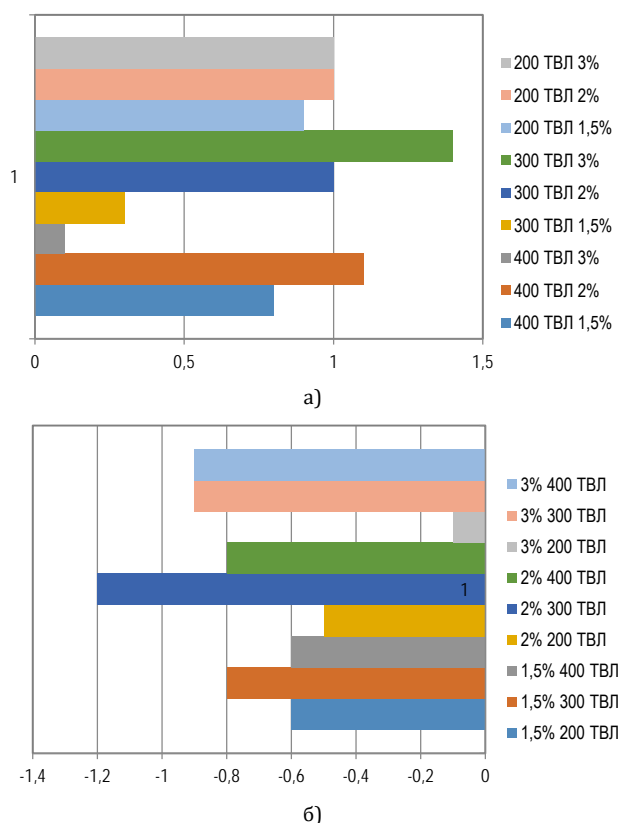


Рис. 4. Оценка глубины изображения при различных значениях четкости и количестве потерянных пакетов

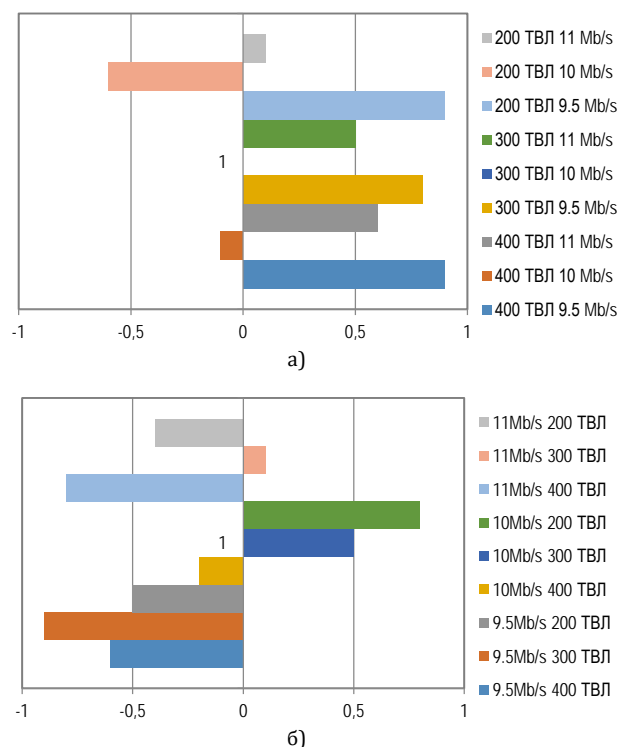


Рис. 5. Оценка глубины изображения при различных значениях четкости и пропускной способности сети

По результатам эксперимента можно сделать вывод, что при разработке протоколов для передачи объемных изображений необходимо учитывать не только сетевые, но и телевизионные параметры.

Современная оценка качества информации

В современном мире происходит стирание границ между областями наук. Например, тип контента при оценке его качества по сетевым параметрам не имеет особого значения, так как любая информация вне зависимости от содержания преобразуется в пакеты для дальнейшей передачи по инфокоммуникационным сетям.

А.К. Цыцулин в своей работе [28] рассматривает математические теории связи К. Шеннона, в которых формализовано понятие качества синтаксической информации. Им доказано, что максимум качества переданной информации достигается при минимуме информационного риска, включающего ненадежность канала (потерю полезной информации) и избыточную (фоновую) информацию.

М.И. Кривошеев считает, что следующим поколением телевизионного вещания станет ТВ высокой четкости с улучшенным объемным звуковым сопровождением [29].

Существует мнение, что уже в ближайшем будущем объемное телевидение заменит 2D телевидение: «Приход в наши квартиры объемного телевидения – вопрос времени. Переход от обычного телевидения к объемному будет подобен переходу от черно-белого телевидения к цветному», – П.С. Варгин [30].

Продолжаются исследования в работе мозга и восприятии информации. Исследования в области нейронауки показали, что сетчатку глаза человека можно представить в форме трехслойной карты

световых рецепторов, включая ганглиозные клетки, аксоны которых простираются от сетчатки до таламуса. Клетки таламуса затем передают сигнал в первичную зону зрительной коры – затылочную зону и далее в различные области головного мозга. Разрешение после прохождения затылочной зоны падает, поскольку зрительные карты высших уровней реагируют на более абстрактные стимулы, такие как лица и объекты, а также связаны с сетями, контролирующими внимание, эмоции и даже, возможно, принятие решений [31]. Это означает, что при оценке качества изображений должны учитываться не только технические параметры системы, но и содержание контента.

Заключение

Способов представления видеоинформации с каждым днем становится все больше, так же, как и способов ее передачи. Качество одного и того же контента оценивают по несвязанным между собой параметрам. Существующие субъективные оценки качества изображений учитывают только общее впечатление от просмотренного видео, не определяя критерии оценки качества глубины изображения, комфорта, реалистичности. Поэтому необходимо проведение дальнейших экспериментов и исследований по изучению субъективных факторов восприятия глубины, искажений, чрезмерного напряжения зрения, качества, естественности присутствия и т.д. Так же требуется разработка новых стандартов оценки качества в связи с новыми техническими средствами воспроизведения информации: шлемы виртуальной реальности, смартфоны и т.д. Необходимо, в том числе, решить вопрос использования методов для оценки качества видеоинформации в режиме реального времени.

Список используемых источников

1. Джакония В.Е., Гоголь А.А., Друзин Я.В. и др. Телевидение: учебник для вузов / Под ред. В.Е. Джаконии. М.: Радио и связь, 2000. 640 с.
2. Маковеев В.Г. От черно-белого телевидения к киберпространству. Музей телевидения и радио в Интернете. URL: <http://www.tvmuseum.ru>
3. ГОСТ 60-40. Телевидение. Основные параметры телевизионного вещания.
4. ГОСТ 26320-84. Оборудование телевизионное студийное и внестудийное. Методы субъективной оценки качества цветных телевизионных изображений.
5. Rec. ITU-R BT.709-3 (1998). Parameter Values for the HDTV Standarts for FOR Production and International Programme Exchange.
6. ГОСТ Р 53533. Цифровое телевидение высокой четкости. Основные параметры цифровых систем телевидения высокой четкости. Общие требования.
7. ГОСТ Р 53534. Цифровое телевидение высокой четкости. Аналоговые и цифровые представления сигналов. Цифровые интерфейсы. Технические требования.
8. ГОСТ Р 53535. Цифровая система телевидения высокой четкости. Измерительные сигналы. Методы измерений. Общие требования.
9. ГОСТ Р 53540. Цифровое телевидение. Широкоформатные цифровые системы. Основные параметры. Аналоговые и цифровые представления сигналов. Параллельный цифровой интерфейс.
10. ГОСТ Р 52592-2006. Тракт передачи сигналов цифрового вещательного телевидения. Звенья тракта и измерительные сигналы. Общие требования.
11. Антипин М.В. Интегральная оценка качества телевизионного изображения. Л.: Наука, 1970. 382 с.
12. Грязин Г.Н. Основы и системы прикладного телевидения: учеб. пособие для вузов / Под ред. Н.К. Мальцевой. СПб.: Политехника, 2011. 274 с.

13. Красильников Н.Н. Цифровая обработка 2D- и 3D-изображений: учебное пособие. СПб.: БХВ-Петербург, 2011. 608 с.
14. www.oculus.com
15. www.samsung.com
16. <https://vr.google.com/cardboard/>
17. www.purplepillvr.com/best-encoding-settings-resolution-for-4k-360-3d-vr-videos/
18. Валюс Н.А. Стереоскопия. М.: Изд-во Академии наук СССР, 1963. С. 30.
19. Alan B. Craig, William R. Sherman, Jeffrey D. Will. Developing Virtual Reality Applications: Foundations of Effective Design // Oxford, UK, Elsevier Inc. 2009. P. 284.
20. Coutant B.E., Westheimer G. Population Distribution of Stereoscopic Ability // *Ophtal. Physiol. Opt.* 1993. Vol. 13. № 1. P. 3–7.
21. Психофизиология: учебник для вузов. 4-е изд. М.: ИНФРА-М, 1998, С. 57–72.
22. Recommended Standard Procedures for the Clinical Measurement and Specification of Visual Acuity. Report of Working Group 39. Committee on Vision. Assembly of Behavioral and Social Sciences, National Research Council, National Academy of Sciences, Washington, D.C. 1980.
23. Standard THX 1138, THX Lucasfilm Ltd. 1982.
24. Отчет МСЭ-R BT.1082.
25. Rec. Y.1540 (2016). Internet Protocol Data Communication Service. IP Packet Transfer and Availability Performance Parameters.
26. Rec. ITU-R BT.709 (2015). Parameter Values for the HDTV Standards for Production and International Programme Exchange.
27. Гоголь А.А., Туманова Е.И. Оценка влияния телевизионных и сетевых параметров на качество объемных изображений // Актуальные проблемы инфокоммуникаций в науке и образовании: сборник научных статей VI международной научно-технической и научно-методической конференции: в 4 томах. СПбГУТ. 2017. Т. 1. С. 138-143.
28. Цыцулин А.К., Зубакин А.И. Концепция качества информации в теории связи // Вопросы радиоэлектроники. Серия: Техника телевидения. 2016. № 4 (27). С. 19–25.
29. Кривошеев М.И. Скачки в восприятии ТВ. URL: www.comnews.ru/node/99784
30. Варгин П.С. Объемное телевидение – взгляд из России. Часть 2 // *Broadcasting. Телевидение и радиовещание.* 2007. № 7. С. 34–39.
31. Мозг, познание, разум: введение в когнитивные нейронауки.: в 2 частях. / Под ред. Б. Баарса, Н. Гейдж. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014. Ч. 2. 126 с.

* * *

THE EVOLUTION OF TELEVISION SYSTEMS IN THE CONTEXT OF VIDEO QUALITY ESTIMATION

A. Gogol¹, E. Tumanova¹

¹The Bonch-Bruевич State University of Telecommunications,
St. Petersburg, 193232, Russian Federation

Article info

Article in Russian

For citation: Gogol A., Tumanova E. The Evolution of Television Systems in the Context of Video Quality Estimation // *Proceedings of Telecommunication Universities.* 2018. Vol. 4. Iss. 1. PP. 32-39.

Abstract: *The article considers the stages of the television systems development and the corresponding quality assessment criteria. The article reviews a method to improve the quality of three-dimensional image by the calculation of the number of depth plans based on the statistical data of stereo threshold. The results of experimental studies of the television and network parameters influence on the three-dimensional television image quality are presented. There are different ways of the video information estimation development within infocommunication systems in future.*

Keywords: *criterion, estimation, parameters, quality, three-dimensional image.*