

МСЭ-R

Сектор радиосвязи МСЭ

Рекомендация МСЭ-R ВТ.1866
(03/2010)

**Методы объективного измерения
воспринимаемого качества изображения
для радиовещательных применений с
использованием телевидения низкой
четкости при наличии полного
эталонного сигнала**

Серия ВТ
Радиовещательная служба
(телевизионная)



Международный
союз
электросвязи

Предисловие

Роль Сектора радиосвязи заключается в обеспечении рационального, справедливого, эффективного и экономичного использования радиочастотного спектра всеми службами радиосвязи, включая спутниковые службы, и проведении в неограниченном частотном диапазоне исследований, на основании которых принимаются Рекомендации.

Всемирные и региональные конференции радиосвязи и ассамблеи радиосвязи при поддержке исследовательских комиссий выполняют регламентарную и политическую функции Сектора радиосвязи.

Политика в области прав интеллектуальной собственности (ПИС)

Политика МСЭ-R в области ПИС излагается в общей патентной политике МСЭ-T/МСЭ-R/ИСО/МЭК, упоминаемой в Приложении 1 к Резолюции 1 МСЭ-R. Формы, которые владельцам патентов следует использовать для представления патентных заявлений и деклараций о лицензировании, представлены по адресу: <http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/en>, где также содержатся Руководящие принципы по выполнению общей патентной политики МСЭ-T/МСЭ-R/ИСО/МЭК и база данных патентной информации МСЭ-R.

Серии Рекомендаций МСЭ-R

(Представлены также в онлайн-форме по адресу: <http://www.itu.int/publ/R-REC/en>.)

Серия	Название
BO	Спутниковое радиовещание
BR	Запись для производства, архивирования и воспроизведения; пленки для телевидения
BS	Радиовещательная служба (звуковая)
BT	Радиовещательная служба (телевизионная)
F	Фиксированная служба
M	Подвижная спутниковая служба, спутниковая служба радиоопределения, любительская спутниковая служба и относящиеся к ним спутниковые службы
P	Распространение радиоволн
RA	Радиоастрономия
RS	Системы дистанционного зондирования
S	Фиксированная спутниковая служба
SA	Космические применения и метеорология
SF	Совместное использование частот и координация между системами фиксированной спутниковой службы и фиксированной службы
SM	Управление использованием спектра
SNG	Спутниковый сбор новостей
TF	Передача сигналов времени и эталонных частот
V	Словарь и связанные с ним вопросы

Примечание. – Настоящая Рекомендация МСЭ-R утверждена на английском языке в соответствии с процедурой, изложенной в Резолюции 1 МСЭ-R.

Электронная публикация
Женева, 2010 г.

© ITU 2010

Все права сохранены. Ни одна из частей данной публикации не может быть воспроизведена с помощью каких бы то ни было средств без предварительного письменного разрешения МСЭ.

РЕКОМЕНДАЦИЯ МСЭ-R ВТ.1866

Методы объективного измерения воспринимаемого качества изображения для радиовещательных применений с использованием телевидения* низкой четкости при наличии полного эталонного сигнала

(2010)

Сфера применения

В настоящей Рекомендации определяются методы оценки воспринимаемого качества изображения радиовещательных применений с использованием телевидения низкой четкости (ТНЧ) при наличии полного эталонного сигнала.

Ассамблея радиосвязи МСЭ,

учитывая,

- a) что способность автоматически измерять качество транслируемого изображения давно признана ценным активом отрасли;
- b) что в Рекомендации МСЭ-R ВТ.1683 описываются объективные методы измерения воспринимаемого качества изображения цифрового радиовещательного телевидения стандартной четкости при наличии полного эталонного сигнала;
- c) что в Рекомендации МСЭ-R ВТ.1833 описываются мультимедийные системы радиовещания для приема на подвижные портативные приемники сигналов мультимедийных приложений и приложений передачи данных;
- d) что телевидение низкой четкости (ТНЧ) начинает широко применяться в радиовещании для приема на подвижные приемники сигналов мультимедийных приложений и приложений передачи данных;
- e) что в Рекомендации МСЭ-T J.247¹ определяются объективные приемы измерения воспринимаемого качества изображения, применимые к применениям ТНЧ при наличии полного эталонного сигнала;
- f) что объективные приемы измерения воспринимаемого качества изображения ТНЧ могут дополнять субъективные методы оценки,

признавая,

- a) что использование ТНЧ в основном рассчитано на просмотр на небольших экранах, таких, которые имеются у портативных и мобильных приемников,

рекомендует,

1 чтобы руководящие указания, сфера применения и ограничения, указанные в Приложении 1, использовались при применении моделей объективного измерения качества изображения, определенных в пункте 2 раздела *рекомендует*;

2 чтобы модели объективного измерения воспринимаемого качества изображения, описанные в Рекомендации МСЭ-T J.247, использовались для применений радиовещания, использующих ТНЧ, при наличии полного эталонного сигнала.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Краткие описания моделей измерения для сведения приводятся в Приложениях 2–5. См. дополнительные подробности в Рекомендации МСЭ-T J.247.

* Термин "телевидение низкой четкости" (ТНЧ) относится к четкости изображения с меньшим числом пикселей, чем определено в Рекомендации МСЭ-R ВТ.601. Рассматривается вопрос о соответствующей Рекомендации МСЭ-R по ТНЧ.

¹ Рекомендация МСЭ-T J.247 размещена по адресу: <<http://www.itu.int/rec/T-REC-J.247-200808-P/en>>.

Приложение 1

1 Введение

В настоящей Рекомендации определяются методы оценки воспринимаемого качества изображения радиовещательных применений с использованием ТНЧ при наличии полного эталонного сигнала.

Описываемые в настоящей Рекомендации методы оценки применимы к:

- оценке, характеристикам и испытанию кодеков;
- контролю качества, потенциально в режиме реального времени, у источника в процессе эксплуатации;
- контролю качества удаленного места назначения при наличии копии источника;
- измерению качества для контроля системы хранения или передачи, которая использует или один шаг, или комплекс методов сжатия и восстановление сжатого изображения;
- лабораторному испытанию видеосистем.

Метод измерения при наличии полного эталонного сигнала может использоваться, когда в точке измерения наличествует неповрежденный эталонный видеосигнал, как при измерениях на индивидуальном устройстве, так и в цепи процессов в лаборатории или в закрытой среде. Методы оценки основываются на обработке изображения низкой четкости при разрешении VGA, CIF и QCIF.

Материал для проверочных испытаний содержал как многочисленные случаи ухудшения параметров кодирования, так и различные условия ошибок передачи (например, ошибки по битам и сброшенные пакеты).

В случае когда искажения кодирования учитываются в видеосигналах, кодер может использовать различные методы сжатия (например, MPEG-2, H.264 и т. д.). Описываемые в настоящей Рекомендации модели могут использоваться для контроля качества развернутых сетей с целью обеспечения их готовности к эксплуатации. Визуальные эффекты ухудшений параметров могут включать как пространственные, так и временные ухудшения (например, повторы кадров, пропуски кадров и уменьшение частоты кадров). Модели в настоящей Рекомендации могут также использоваться для лабораторных испытаний видеосистем.

Настоящая Рекомендация представляется соответствующей услугам, предоставляемым при 4 Мбит/с на мобильные приемники. При проверочных испытаниях для каждого разрешения использовались следующие условия, которые были признаны соответствующими:

- QCIF (четвертной общий промежуточный формат (176 × 144 пикселей)): от 16 до 320 кбит/с;
- CIF (общий промежуточный формат (352 × 288 пикселей)): от 64 кбит/с до 2 Мбит/с;
- VGA (видеографическая матрица (640 × 480 пикселей)): от 128 кбит/с до 4 Мбит/с.

ТАБЛИЦА 1

Факторы, используемые при оценке моделей

Факторы испытания
Ошибки передачи с потерей пакетов
Четкость изображения QCIF, CIF и VGA
Потоки видеоданных QCIF: от 16 до 320 кбит/с CIF: от 64 кбит/с до 2 Мбит/с VGA: от 128 кбит/с до 4 Мбит/с
Временные ошибки (остановки с пропусками) максимум 2 с
Частота видеок кадров от 5 до 30 кадров в секунду

ТАБЛИЦА 1 (окончание)

Схемы кодирования
Н.264/AVC (MPEG-4 Часть 10), MPEG-4 Часть 2 и три других проприетарных схемы кодирования. (См. Примечание 1, ниже.)

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – Проверочные испытания моделей включали последовательности изображений, кодированные с использованием 15 различных кодеков изображения. Перечисленные в таблице 1 пять кодеков наиболее часто применялись для кодирования испытательных последовательностей, и любые рекомендуемые модели могут считаться подходящими для оценки этих кодеков. В дополнение к этим пяти кодам меньшая часть испытательных последовательностей была создана с использованием следующих кодеков: H.261, H.263, H.263⁺², JPEG-2000, MPEG-1, MPEG-2, H.264 SVC и другие проприетарные системы. Следует отметить, что некоторые из этих кодеков использовались только для разрешений CIF и QCIF, потому что ожидается, что на местах они будут использоваться в основном для этих разрешений. Прежде чем применить модель к последовательностям, кодированным при использовании одного из этих кодеков, пользователю следует тщательно изучить ее прогнозируемые показатели работы, с тем чтобы определить, достигает ли модель приемлемых прогнозируемых показателей работы.

2 Применение

Применения для моделей оценки, описываемых в настоящей Рекомендации, включают в том числе следующие:

- 1 оценку, характеристики и испытание кодеков;
- 2 контроль качества, потенциально в режиме реального времени, у источника в процессе эксплуатации;
- 3 контроль качества удаленного места назначения при наличии копии источника;
- 4 измерение качества для контроля системы хранения или передачи, которая использует или один шаг, или комплекс методов сжатия и восстановление сжатого изображения; и
- 5 лабораторное испытание видеосистем.

3 Использование моделей

В настоящую Рекомендацию включены объективные вычислительные модели, перечисленные в таблице 2. Краткий обзор рабочих характеристик моделей приведен в таблице 3. Дополнительная информация содержится в Дополнении 1.

ТАБЛИЦА 2

Объективные вычислительные модели

Обозначение модели	Предлагающая организация	Страна	Приложение
A	NTT	Япония	2
B	OPTICOM	Германия	3
C	Psytechnics	Соединенное Королевство	4
D	Yonsei University	Республика Корея	5

Все четыре модели значительно превосходят пиковое отношение сигнал/шум (PSNR).

² H.263+ является частной конфигурацией H.263 (1998 г.).

Модели В и С, как правило, дают несколько лучшие показатели, чем Модели А и D при некоторых разрешениях. Модели В и С обычно дают статистически эквивалентные результаты. Для QCIF Модель А зачастую статистически эквивалентна Моделям В и С. Для VGA Модель D типично статистически эквивалентна Моделям В и С. В приведенных ниже таблицах дается краткий обзор рабочих характеристик моделей.

Хотя все четыре модели могут использоваться для адекватного удовлетворения различных потребностей отрасли, для VGA настоятельно рекомендуется использовать Модели В, С или D для получения в большинстве случаев немного более высоких рабочих показателей. По той же причине настоятельно рекомендуется использовать для CIF Модели В или С, а для QCIF – Модели А, В или С.

Модель В показывает наилучшую общую минимальную корреляцию. Коэффициенты минимальной корреляции Моделей В, А, D и С составляют 0,68; 0,60; 0,59 и 0,57, соответственно.

Модель С в наибольшем числе случаев относилась к группе с наивысшими показателями. Общее число попаданий в группу с наивысшими показателями составляло 37 для Модели С, 34 для Модели В, 25 для Модели А и 24 для Модели D.

ТАБЛИЦА 3
Обзор показателей работы моделей

VGA	Модель А	Модель В	Модель С	Модель D	PSNR
Средняя корреляция	0,786	0,825	0,822	0,805	0,713
Минимальная корреляция	0,598	0,685	0,565	0,612	0,499
Случаи Ранга 1	8	10	11	10	3
Анализ ранжирования	Второй	Лучший	Лучший	Лучший	–
CIF	Модель А	Модель В	Модель С	Модель D	PSNR
Средняя корреляция	0,777	0,808	0,836	0,785	0,656
Минимальная корреляция	0,675	0,695	0,769	0,712	0,440
Случаи Ранга 1	8	13	14	10	0
Анализ ранжирования	Второй	Лучший	Лучший	Второй	–
QCIF	Модель А	Модель В	Модель С	Модель D	PSNR
Средняя корреляция	0,819	0,841	0,830	0,756	0,662
Минимальная корреляция	0,711	0,724	0,664	0,587	0,540
Случаи Ранга 1	9	11	12	4	1
Анализ ранжирования	Лучший	Лучший	Лучший	Второй	–

4 Ограничения

Модели оценки, описываемые в настоящей Рекомендации, не могут использоваться в качестве полномасштабной замены субъективных испытаний. Значения корреляции между двумя тщательно спроектированными и выполненными субъективными испытаниями (в двух разных лабораториях) обычно составляют от 0,95 до 0,98.

Модели в настоящей Рекомендации были проверены путем измерения изображения, показывающего фиксацию кадра продолжительностью до 2 с.

Модели в настоящей Рекомендации не проверялись в отношении измерения изображения с постоянно увеличивающейся задержкой (например, изображения, которое не сбрасывает отсутствующие кадры после фиксации кадра).

Следует отметить, что, в случае производства новыми технологиями кодирования и передачи артефактов, которые не были включены в данную оценку, объективные модели могут дать ошибочные результаты. Здесь требуется субъективная оценка.

Дополнение 1 к Приложению 1

Выводы Группы экспертов по качеству видеоизображения

Исследования измерений воспринимаемого качества изображения проводятся неформальной группой под названием Группа экспертов по качеству видеоизображения (VQEG), которая представляет отчеты 9-й и 12-й Исследовательским комиссиям МСЭ-T и 6-й Исследовательской комиссии по радиосвязи. На недавно завершённом Мультимедийном этапе I испытаний VQEG оценивались показатели работы предлагаемых алгоритмов измерения воспринимаемого изображения при наличии полного эталонного сигнала для форматов QCIF, CIF и VGA.

На основании имеющихся данных на настоящее время МСЭ-R может рекомендовать четыре метода:

Модель А (Приложение 2) – предлагающая VQEG организация – NTT, Япония;

Модель В (Приложение 3) – предлагающая VQEG организация – OPTICOM, Германия;

Модель С (Приложение 4) – предлагающая VQEG организация – Psytechnics, Соединенное Королевство;

Модель D (Приложение 5) – предлагающая VQEG организация – Yonsei University, Республика Корея.

Технические описания этих моделей можно найти в Приложениях 2–5, соответственно. Следует отметить, что нумерация Приложений совершенно произвольна и не является указанием на показатели предсказания качества.

В таблице 4 приведены данные о показателях работы моделей на Мультимедийном этапе I испытаний VQEG.

ТАБЛИЦА 4

а) Разрешение VGA: показатели работы моделей на Мультимедийном этапе I испытаний VQEG – Средние показатели по 14 субъективным испытаниям

Показатель	Модель А	Модель В	Модель С	Модель D	PSNR ⁽¹⁾
Приложение	2	3	4	5	
Корреляция Пирсона	0,786	0,825	0,822	0,805	0,713
Среднеквадратическая погрешность	0,621	0,571	0,566	0,593	0,714
Доля выбросов	0,523	0,502	0,524	0,542	0,615

ТАБЛИЦА 4 (окончание)

б) Разрешение CIF: показатели работы моделей на Мультимедийном этапе I испытаний VQEG – Средние показатели по 14 субъективным испытаниям

Показатель	Модель А	Модель В	Модель С	Модель D	PSNR ⁽¹⁾
Приложение	2	3	4	5	
Корреляция Пирсона	0,777	0,808	0,836	0,785	0,656
Среднеквадратическая погрешность	0,604	0,562	0,526	0,594	0,720
Доля выбросов	0,538	0,513	0,507	0,522	0,632

с) Разрешение QCIF: показатели работы моделей на Мультимедийном этапе I испытаний VQEG – Средние показатели по 14 субъективным испытаниям

Показатель	Модель А	Модель В	Модель С	Модель D	PSNR ⁽¹⁾
Приложение	2	3	4	5	
Корреляция Пирсона	0,819	0,841	0,830	0,756	0,662
Среднеквадратическая погрешность	0,551	0,516	0,517	0,617	0,721
Доля выбросов	0,497	0,461	0,458	0,523	0,596

⁽¹⁾ Приводимые здесь значения PSNR взяты из заключительного отчета Мультимедийного этапа I испытаний VQEG (см. <http://www.its.blrdoc.gov/vqeg/projects/multimedia/>). Эти значения рассчитаны NTIA/ITS.

На основании каждого показателя каждая модель VGA при наличии полного эталонного сигнала (FR) находилась в группе моделей с наивысшими показателями следующее число раз:

Статистический показатель	Модель А	Модель В	Модель С	Модель D	PSNR
Корреляция	8	10	11	10	3
СКП ⁽¹⁾	4	8	10	6	0
Доля выбросов	9	11	12	8	4

⁽¹⁾ СКП: среднеквадратическая погрешность.

На основании каждого показателя каждая модель FR CIF находилась в группе моделей с наивысшими показателями следующее число раз:

Статистический показатель	Модель А	Модель В	Модель С	Модель D	PSNR
Корреляция	8	13	14	10	0
СКП ⁽¹⁾	6	10	13	9	0
Доля выбросов	10	13	12	11	1

⁽¹⁾ СКП: среднеквадратическая погрешность.

На основании каждого показателя каждая модель FR QCIF находилась в группе моделей с наивысшими показателями следующее число раз:

Статистический показатель	Модель А	Модель В	Модель С	Модель D	PSNR
Корреляция	9	11	12	4	1
СКП ⁽¹⁾	7	10	11	2	1
Доля выбросов	10	11	12	8	4

(1) СКП: среднеквадратическая погрешность.

ПРИМЕЧАНИЕ 1. – В качестве общего руководящего указания можно заметить, что небольшие различия в этих суммарных показателях не говорят об общей разнице в показателях работы.

Вторичный анализ

При вторичном анализе усредняются все последовательности изображений, связанные с каждой видеосистемой (или условием), и тем самым отражается, насколько точно модель отслеживает показатели средней гипотетической эталонной цепи (HRC). В следующих таблицах приведены средние корреляции по каждой модели и разрешение во вторичном анализе.

Корреляция VGA

	Модель А	Модель В	Модель С	Модель D	PSNR
Среднее	0,891	0,914	0,903	0,864	0,809

Корреляция CIF

	Модель А	Модель В	Модель С	Модель D	PSNR
Среднее	0,915	0,919	0,913	0,892	0,817

Корреляция QCIF

	Модель А	Модель В	Модель С	Модель D	PSNR
Среднее	0,942	0,937	0,920	0,893	0,882

Приложение 2

Модель А

Модель А подразделяется на три модуля программного обеспечения: модуль выравнивания видеоданных, модуль вывода количества временных/пространственных показателей и модуль субъективной оценки качества изображения (рисунок 1).

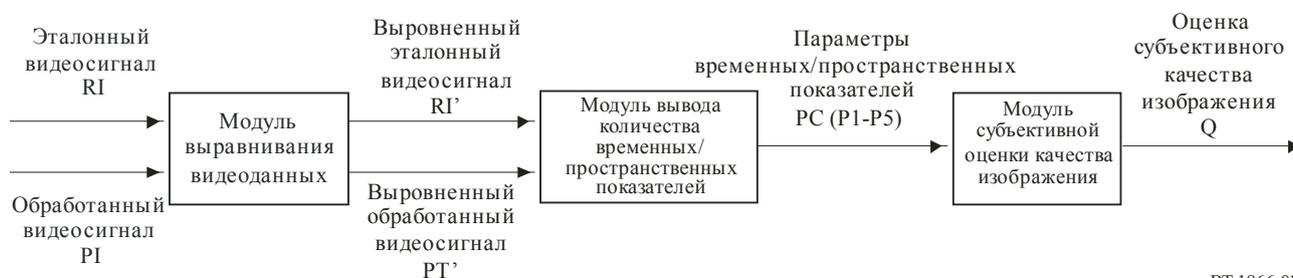
Модуль выравнивания видеоданных подразделяется на процесс макровыравнивания и процесс микровыравнивания. В процессе макровыравнивания сопоставляются пиксели эталонных видеосигналов (RI) и обработанных видеосигналов (PI) в пространственно-временных направлениях и фильтруются последовательности изображений с учетом воздействия захвата изображения и последующей обработки декодером. В процессе микровыравнивания сопоставляются кадры эталонных и обработанных последовательностей изображений с учетом воздействия пропуска и фиксации видеокадров после завершения процесса макровыравнивания.

В модуле вывода количества временных/пространственных показателей рассчитывается параметр пространственного ухудшения и параметр временного ухудшения (PC) при использовании выровненного эталонного видеосигнала (RI') и выровненного обработанного видеосигнала (PI'). Параметр пространственного ухудшения основывается на четырех параметрах, которые отражают либо присутствие общего шума, ложные границы, локализованное искажение движения, либо локализованное пространственное искажение. Параметр временного ухудшения, рассчитываемый путем взвешенного суммирования продолжительности фиксации, отражает фиксацию кадров и колебания частоты кадров.

В модуле субъективной оценки качества изображения рассчитывается объективное качество изображения (Q) при использовании ранее упомянутых параметров.

РИСУНОК 1

Блок-схема Модели А



ВТ.1866-01

См. полное описание Модели А в Приложении А Рекомендации МСЭ-Т J.247 (08/2008).

Приложение 3

Модель В

Общая идея Модели В приведена на рисунке 2.

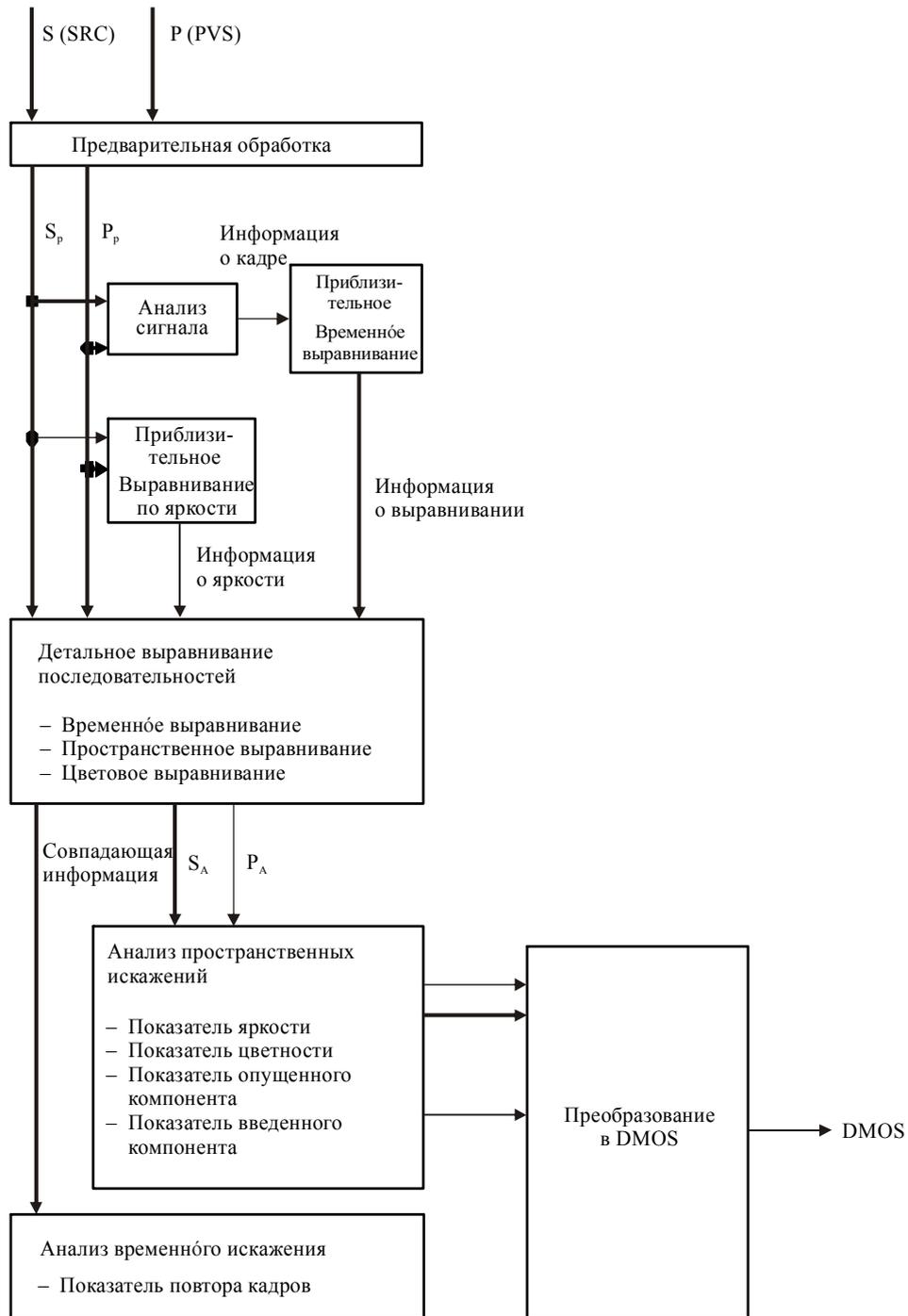
На этапе предварительной обработки из эталонного и испытательного сигнала извлекается пространственный регион интереса (ROI). Все последующие вычисления производятся только на этом ROI, который представлен кадррованными сигналами S_p и P_p . За предварительной обработкой следует приблизительное выравнивание (регистрация) входных последовательностей во временной области и области яркости. "Информация по яркости и выравниванию", полученная этими модулями, используется в следующем за этим процессе "детального выравнивания последовательностей", в ходе которого выполняется покадровое выравнивание по времени двух последовательностей изображений, компенсация пространственных сдвигов и компенсация различий в цвете и яркости на основании гистограммных оценок. Результатом "детального выравнивания последовательностей" является "совпадающая информация", которая используется для определения воспринимаемого воздействия временной деградации, а также кадррованные и выровненные последовательности S_A и P_A .

Пространственные искажения далее анализируются блоком "анализа пространственных искажений", который вычисляет воспринимаемые различия между последовательностями в пространственной области, результатом чего являются четыре показателя искажения.

Далее "совпадающая информация" обрабатывается воспринимаемым "анализом временного искажения", результатом чего является один показатель, представительный для повторов кадров и других временных искажений.

На последнем этапе Модели С пять полученных выше показателей взвешиваются логическими функциями и сочетаются для образования окончательного показателя PEVQ (воспринимаемой оценки качества изображения), который точно соотносится с MOS (средний показатель мнений), полученным по субъективным испытаниям.

РИСУНОК 2
Обзор Модели В



ВТ.1866-02

См. полное описание Модели В в Приложении В Рекомендации МСЭ-Т J.247 (08/2008).

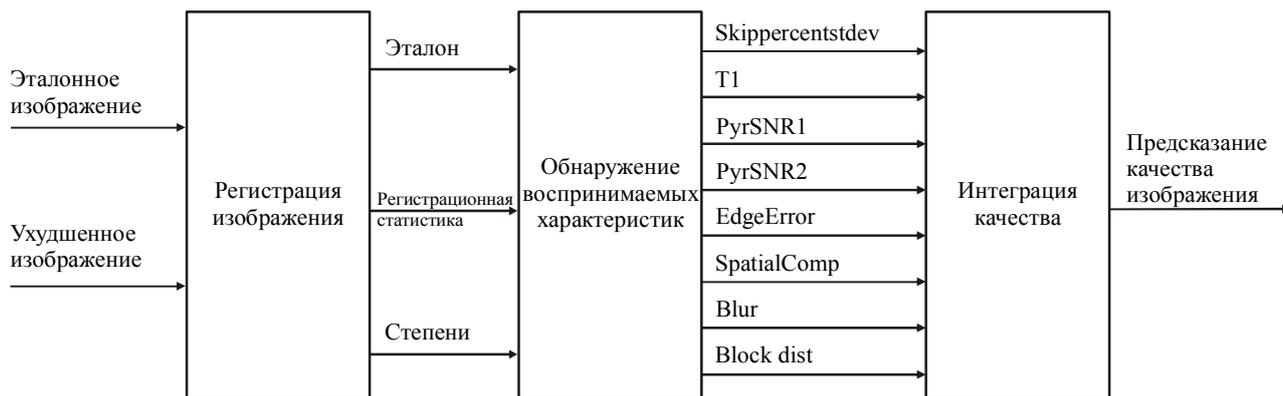
Приложение 4

Модель С

Обзор Модели С представлен на рисунке 3. Модель состоит из трех основных этапов: 1) регистрация изображения; 2) обнаружение воспринимаемых характеристик; и 3) интеграции этих характеристик в общий показатель предсказания качества.

РИСУНОК 3

Обзор Модели С



ВТ.1866-03

Первый этап заключается в регистрации изображения, при котором каждому кадру в ухудшенном изображении подбирается пара из наилучшего совпадающего кадра в эталонном изображении. Регистрация изображения необходима для точного измерения качества. Из первоначального эталонного и ухудшенных изображений получают совпадающие эталонные и совпадающие ухудшенные последовательности изображений наряду с регистрационной информацией. Совпадающее эталонное изображение содержит все эталонные кадры, которые совпали с кадрами ухудшенного изображения. Совпадающее эталонное изображение содержит все ухудшенные кадры, для которых был определен эталонный кадр. Алгоритм регистрации изображения способен справиться с колеблющимися по времени временными и пространственными расхождениями между эталонными и ухудшенными изображениями.

Второй этап заключается в анализе набора значимых для восприятия характеристик, извлеченных или непосредственно из ухудшенного изображения, или из сопоставления эталонного и ухудшенного изображения. Эти характеристики восприятия не базируются на каком-либо представлении о типе содержания изображения или о том, как изображение кодировалось и передавалось конечному пользователю. Характеристики восприятия служат сенсорным слоем, отфильтровывающим компоненты изображения, к которым смотрящий человек нечувствителен. Это объясняется тем, что видеокодеки сокращают объем кодируемой информации, применяя приемы обработки изображения для удаления компонентов видеосигнала, в отношении которых существует наименьшая вероятность того, что зрители заметят их отсутствие. Благодаря включению модели системы человеческого зрения на этом этапе алгоритма можно определить, насколько эффективны эти процессы, и выявить видимые ошибки. Если схема кодирования не может успешно решить эту задачу, ухудшения будут видны конечному пользователю и тем самым составят часть результатов сенсорного уровня.

На заключительном этапе параметры восприятия сочетаются для производства единого общего предсказания качества изображения. Оптимальная форма функции интеграции была получена в результате применения модели в обширном комплексе субъективных экспериментов (комплекс профессиональной подготовки) и проверки показателей ее работы в комплексе неизвестных экспериментов (проверочный комплекс).

Формат входных эталонных и ухудшенных изображений, поддерживаемых программным применением модели, которая была представлена для оценки Мультимедийного этапа I VQEG, был несжатым форматом цветового пространства AVI с UYVY (YUV 4:2:2), как указано в плане мультимедийных испытаний VQEG. Вместе с тем модель оценки качества не зависит от этого формата и поэтому в равной мере применима с другими форматами (например, несжатым AVI RGB24), при условии что сначала применяется надлежащий входной фильтр (например, фильтр конверсии цветового пространства).

И эталонное, и ухудшенное изображения должны быть в прогрессивном формате. Абсолютная частота кадров ухудшенного изображения должна быть идентичной частоте кадров эталонного изображения (например, 25 кадров в секунду), где абсолютная частота кадров – число (последовательных) кадров в секунду. Вместе с тем эффективная частота кадров ухудшенного изображения может отличаться от частоты кадров эталонного изображения, где эффективная частота кадров – (среднее) число отдельных кадров в секунду. Эффективная частота кадров ухудшенного изображения может также варьироваться во времени. В качестве иллюстрации приводится следующий пример. У эталонного изображения (А) абсолютная частота кадров – 25 кадров в секунду, и оно кодируется при эффективной (целевой) частоте кадров 12,5 кадра в секунду (В). Кодированное изображение проигрывается (т. е. декодируется) и принимается на частоте 25 кадров в секунду (С). Соответственно, каждый второй кадр в С идентичен предыдущему. Для модели оценки качества входным эталонным изображением и ухудшенным изображением являются, соответственно, А и С.

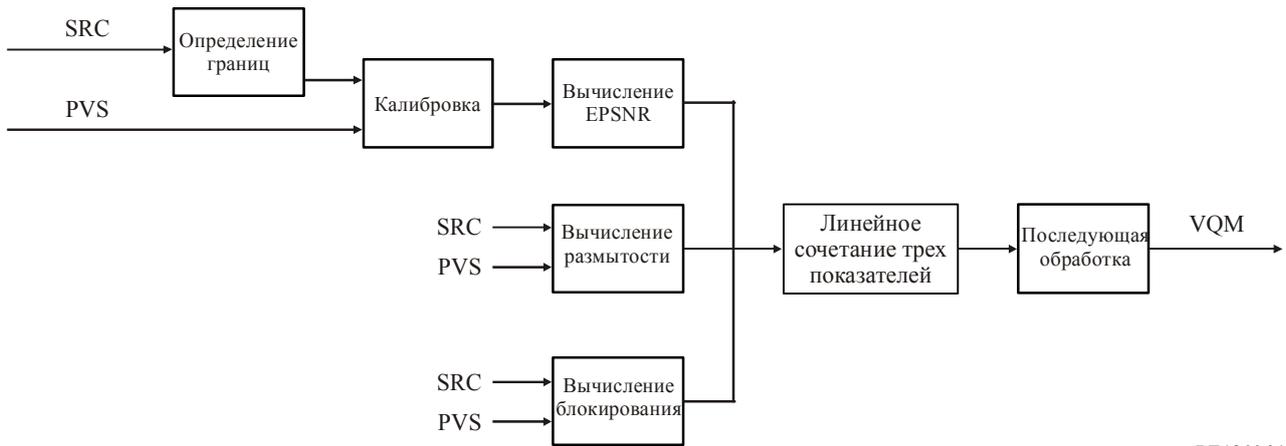
См. полное описание Модели С в Приложении С Рекомендации МСЭ-Т J.247 (08/2008).

Приложение 5

Модель D

Отмечается, что система человеческого зрения чувствительна к ухудшению на границах. Далее отмечается, что алгоритмы сжатия изображений, как правило, дают больше артефактов в области границ. На основании этого наблюдения модель обеспечивает объективный метод измерения качества изображения, которым измеряется ухудшение вокруг границ. В модели алгоритм обнаружения границ сначала применяется к исходной последовательности изображений для определения зон границ. Затем ухудшение этих зон границ измеряется путем вычисления среднеквадратичной погрешности. Из этой среднеквадратичной погрешности вычисляется PSNR (EPSNR) границы. Затем модель вычисляет две дополнительные характеристики, которые в сочетании с EPSNR дают окончательный показатель качества изображения (VQM).

На рисунке 4 приводится блок-схема Модели D на основании ухудшения на границах модели полного эталона (FR), у которой два входных сигнала: исходная последовательность изображений (SRC) и обработанная последовательность изображений (PVS).

РИСУНОК 4
Блок-схема Модели D

ВТ.1866-04

См. полное описание Модели D в Приложении D Резолюции МСЭ-Т J.247 (08/2008).