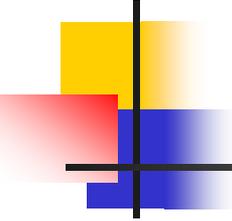


# Анализ эффективности кодека с использованием массовых замеров опций

Попов Владимир

*Video Group  
CS MSU Graphics & Media Lab*



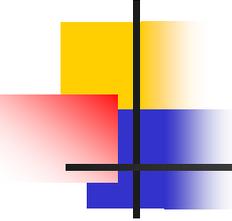
# Цели доклада

---

- Познакомить с алгоритмами анализа параметров видеокодека
- Для каждого метода анализа предложить метод перебора параметров видеокодека
- Показать связь между методом анализа и методом перебора параметров

# Использование анализа опций

- Подбор наилучших настроек кодека
- Проверка эффективности реализации параметров
- Нагрузочное тестирование кодека
- Выбор настроек с данными характеристиками



# Содержание

---

- **Понятие опции кодека**
- ❑ **Методы анализа пресетов**
- ❑ **Выводы**
- ❑ **Потенциальное развитие методов анализа**

# Понятие опции кодека

```
x264 --bframes 0 --ref 2  
--me "umh" --subme 6  
--no-chroma-me
```

```
--frames=300  
--bitrate=1024000  
--fps=24 -o out.h264 in.yuv  
352x288
```

Опции кодирования

Предмет анализа

Характеристики данных

Не рассматриваем

Опции

- Опция – параметр, настраивающий некую часть работы видеокodeка. Влияет на качество (и скорость) кодирования
- Пресет – совокупность значений опций

# Виды опций

- **Переключение**

У опции нет значения. Она либо указана в строке, либо нет

Пример: `--no-chroma-me`

- **Перечисление**

Опция принимает одно из набора значений

Пример: `--me "umh"`

- **С "бесконечным" множеством значений**

Опция может принимать одно из целых или действительных значений

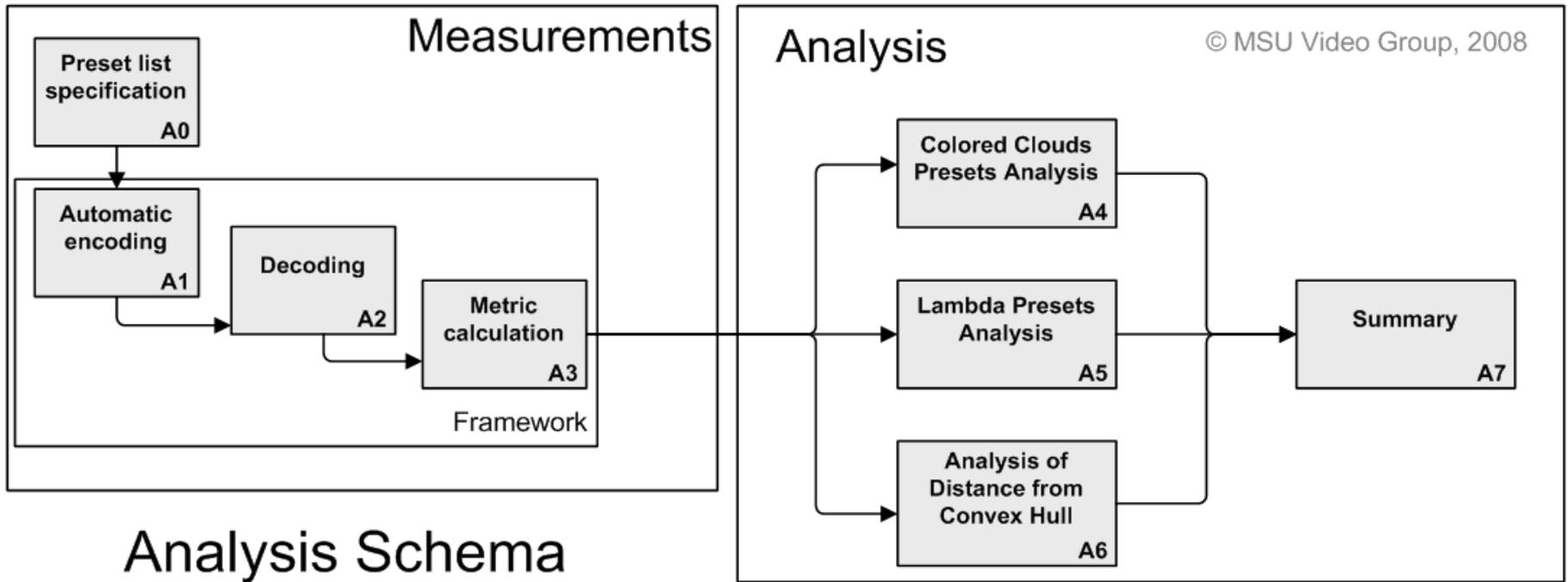
Пример: `--aq_strength 0.33`

# Идея анализа опций

---

- Цель – получить характеристику каждой ОПЦИИ
  - Насколько влияет на скорость/качество
  - Когда лучше использовать
- Этапы
  - Запуск кодека на множестве пресетов
  - Анализ полученных результатов
  - Объединение выводов

# Этапы анализа опций видеокодека



# Пример списка опций x264 для анализа

## Partitions

--partitions x

"none",  
"p8x8,b8x8",  
"all"

## B-Frames

--bframes n

0, 1, 2

## Reference Frames

--ref n

1, 4

## Motion Estimation Method

--me x

"dia", "hex"  
"umh", "tesa"

## Subpixel Motion Estimation

--subme n

1, 4, 5, 6

## Ratio between blocking and blurring

--aq-strength f

0.33, 0.66,  
1.0

## Bidirectional ME

--bime

off, on

## Mixed References

--mixed-refs

off, on

## Weighted Prediction

--weightb

off, on

Итого: 6912 пресетов (34560 запусков)

# Содержание

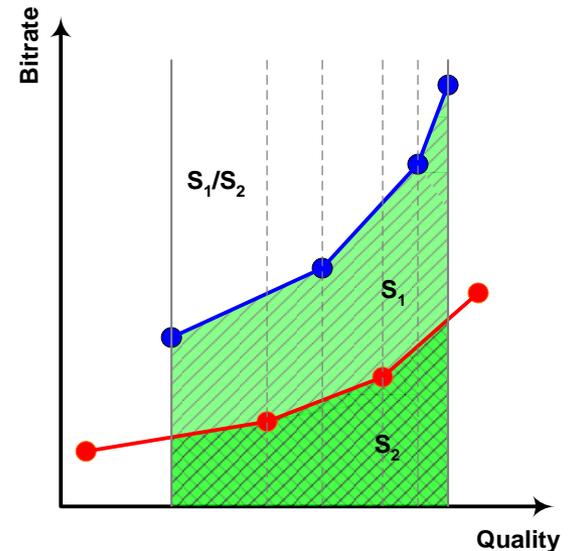
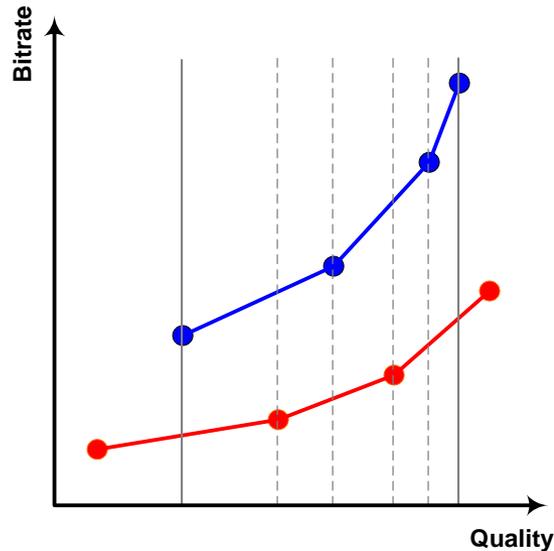
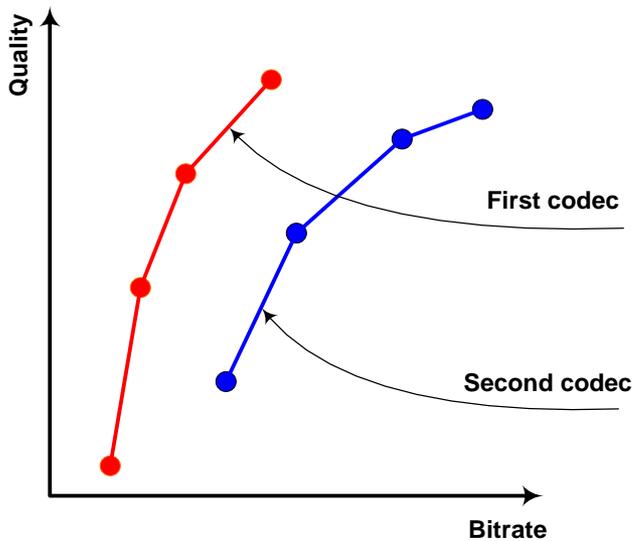
- **Понятие опции кодека**
- **Методы анализа пресетов**
  - **Вычисление характеристик пресета**
  - **Определение пресетов на огибающей**
  - **Подсчет средних характеристик по опциям**
- **Выводы**
- **Потенциальное развитие методов анализа**

# Вычисление характеристик пресета

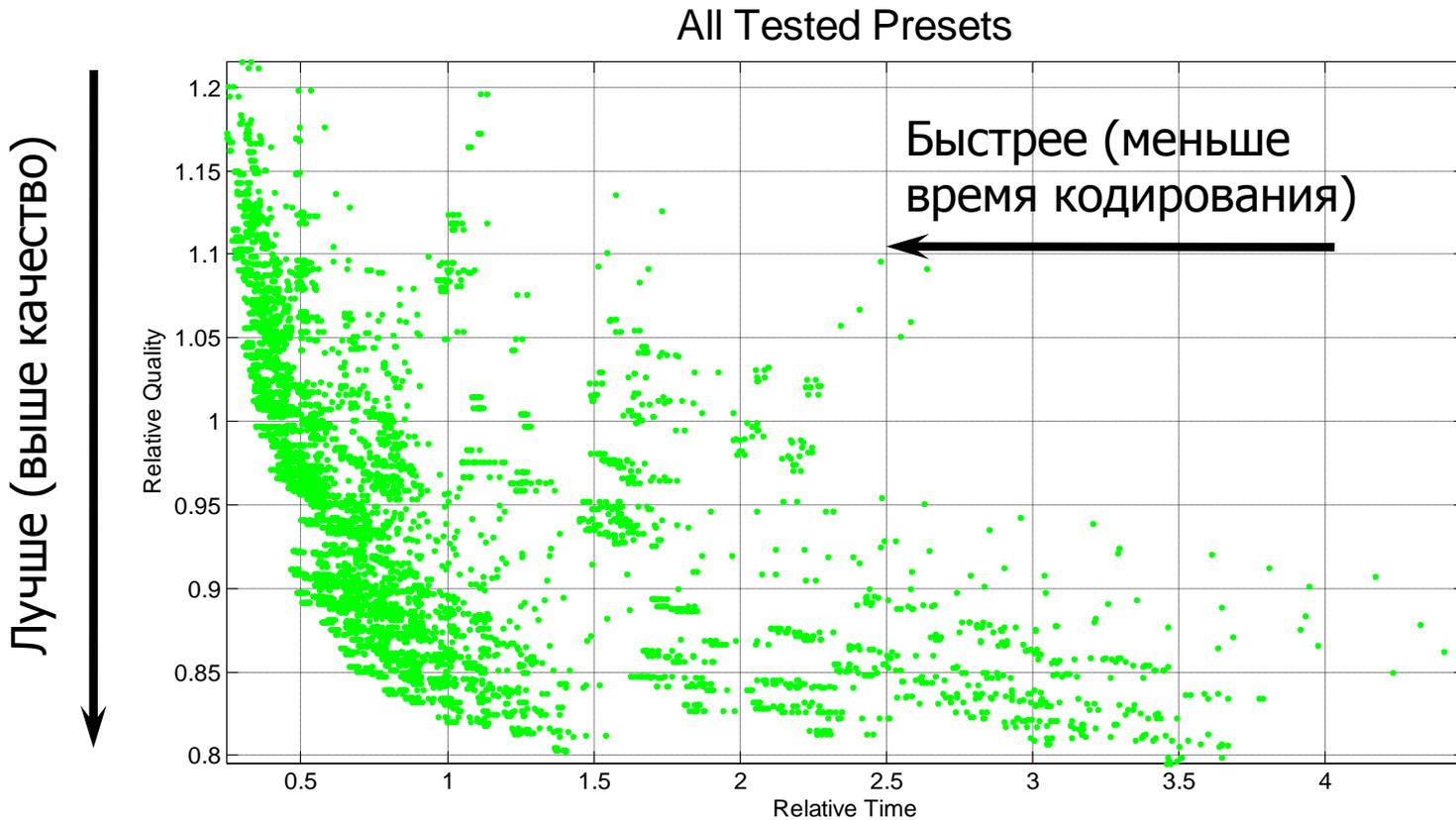
- Надо посчитать
  - Качество кодирования
  - Скорость кодирования
- Вычисляется интегральная оценка скорости и качества на некотором диапазоне битрейтов
- Для вычисления качества используется сравнение RD кривых

# Сравнение RD кривых

- Итоговая оценка – отношение битрейтов при одинаковом качестве
- Необходимо пересечение кривых

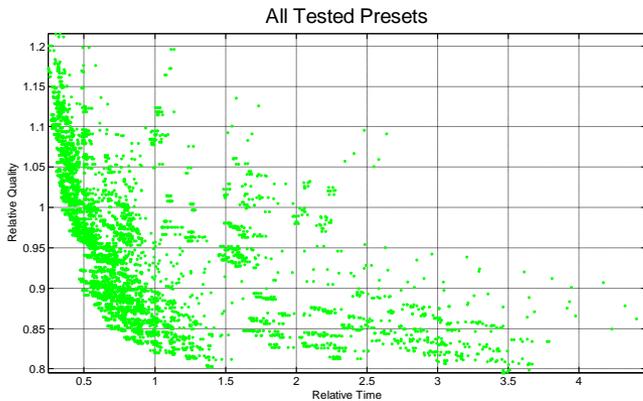


# Результат полного перебора пресетов x264



# Методы анализа

На входе: Данные



Анализ опций



На выходе: Результаты

Option	Preset	Comments
<u>Partitions</u> --partitions x	"none"	...
	"p8x8,b8x8"	
	"all"	
<u>B-Frames</u> --bframes n	0	...
	1	
	2	
<u>Reference Frames</u> --ref n	1	...
	4	
<u>Motion Estimation Method</u> --me x	"dia"	...
	"hex"	
	"umh"	
	"tesa"	

# Содержание

- **Понятие опции кодека**
- **Методы получения характеристик пресетов**
- **Методы анализа**
  - **Вычисление характеристик пресета**
  - **Определение пресетов на огибающей**
  - **Подсчет средних характеристик по опциям**
- **Выводы**
- **Потенциальное развитие методов анализа**

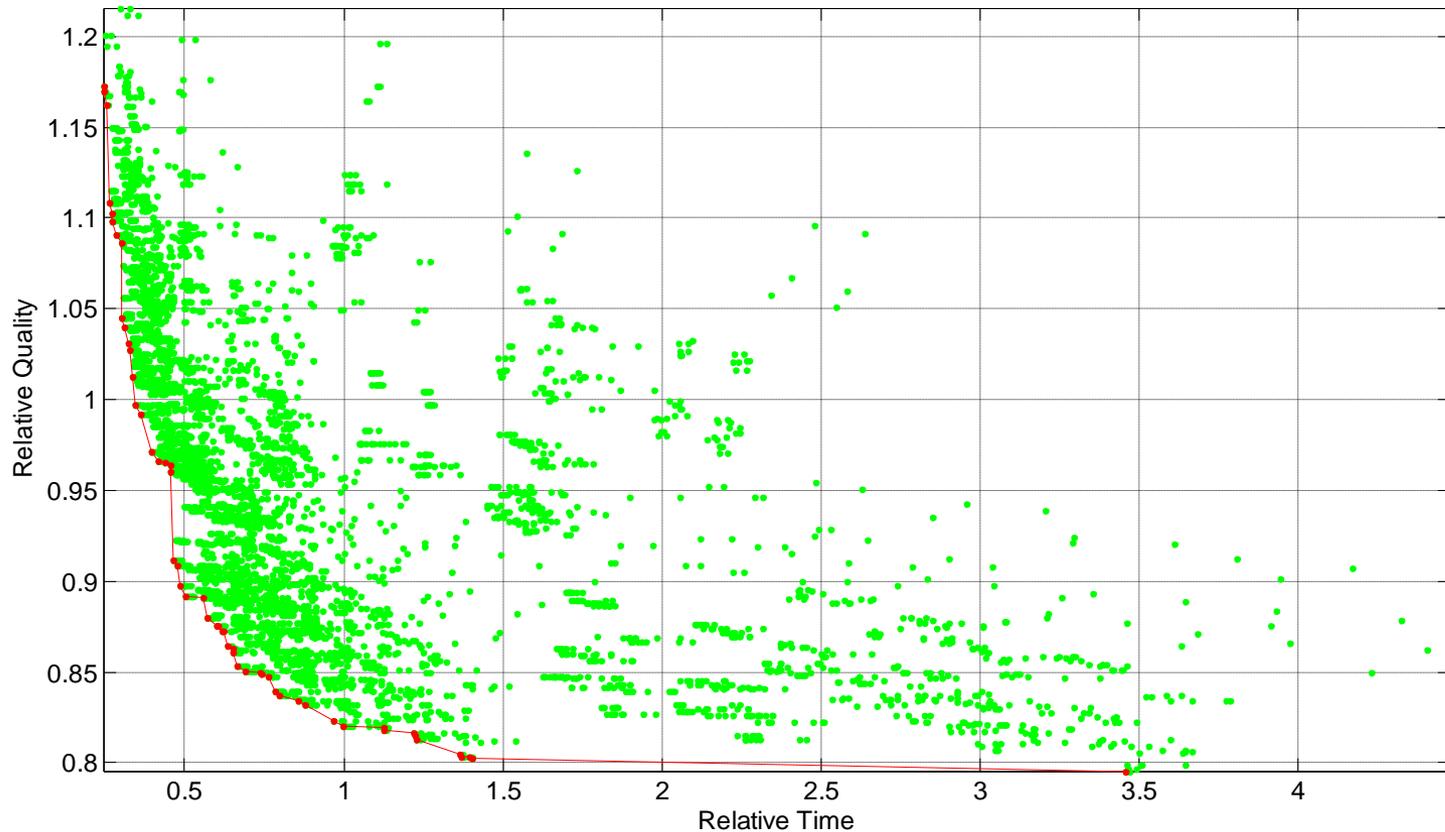
# Классификация пресетов

- **Субоптимальные пресеты** – пресеты, для которых нет пресетов, которые дают лучшее качество и работают быстрее
- **Хорошие пресеты** – пресеты, близкие к субоптимальным (по скорости и качеству)
- **Класс пресетов** – множество пресетов, обладающих схожими характеристиками
- Можно вводить расстояние между пресетами – метрика в пространстве скорость/качество
  - Сложно определить адекватность метрики

# Определение пресетов на огибающей

## Субоптимальные пресеты

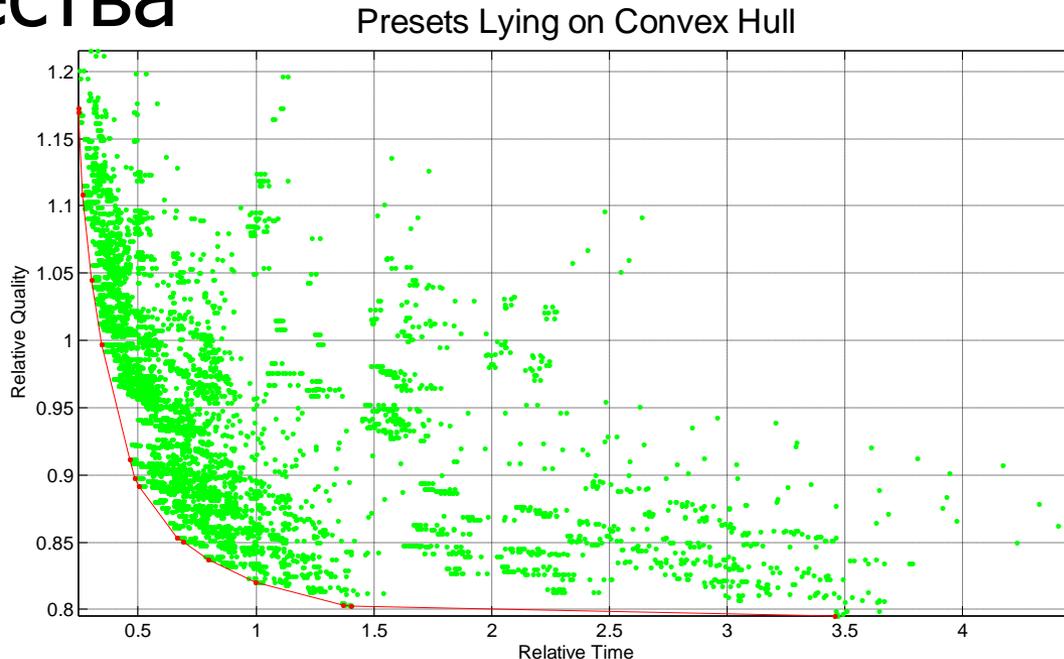
Sub-optimal Presets



# Определение пресетов на огибающей

## Пресеты на огибающей

**Пресеты на огибающей** – пресеты, принадлежащие выпуклой оболочке множества

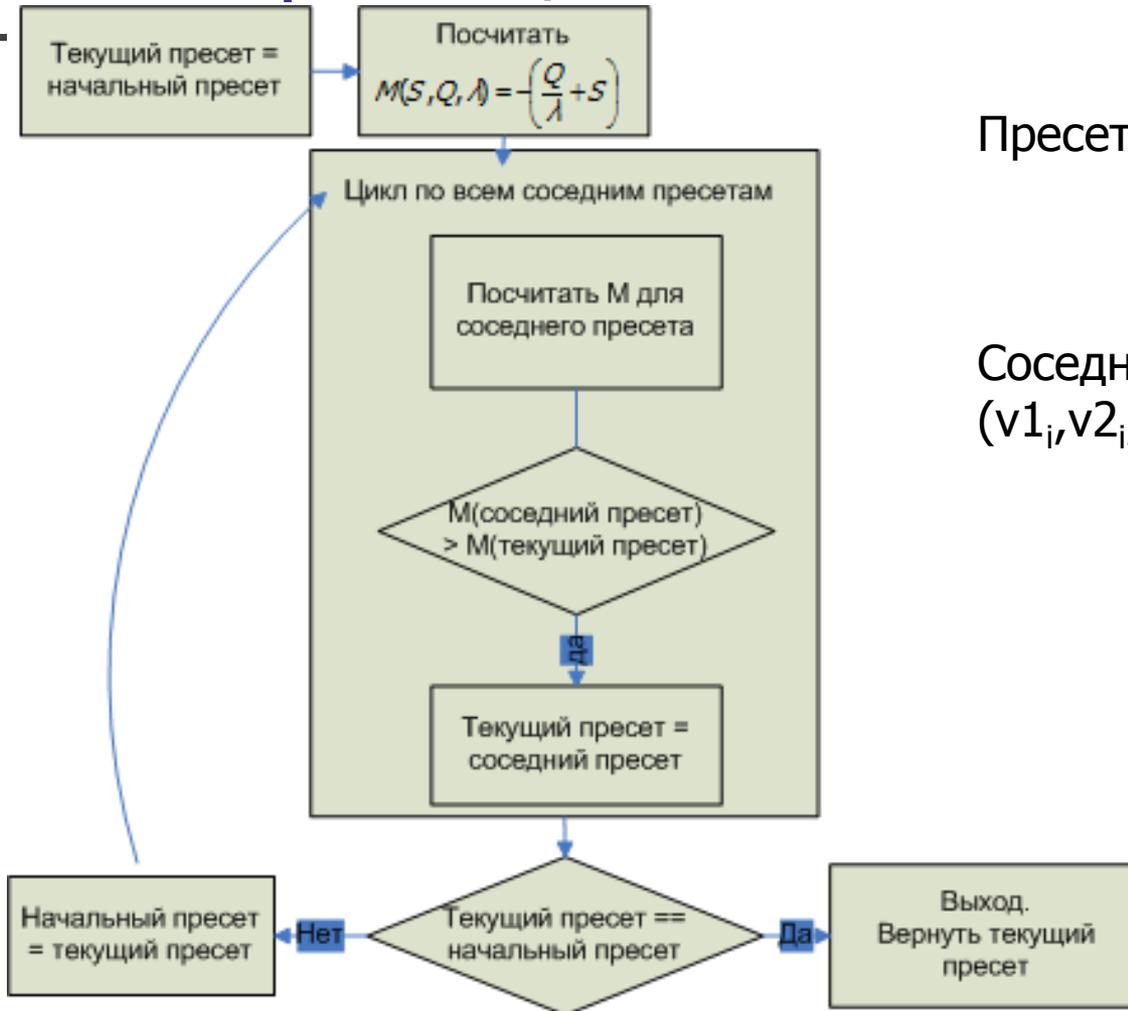


# Итеративный градиентный спуск

- Предложена модификация алгоритма градиентного спуска для нахождения пресетов на огибающей
- Приближенная схема
  - Не дает гарантии, что найдет все пресеты, лежащие на огибающей
  - Не дает гарантии, что найденные пресеты будут лежать на огибающей
  - Но он находит пресеты, близкие по характеристикам к требуемым пресетам

# Итеративный градиентный спуск

## Поиск пресета, лежащего на огибающей



Пресет =  $(v1_i, v2_i, \dots, vn_i)$

Соседний пресет =  $(v1_i, v2_i, \dots, vk_m, \dots, vn_i)$

# Итеративный градиентный спуск

## Алгоритм

- $\lambda = \lambda_0$ , Result=start preset
- Провести градиентный спуск
- Найденный пресет добавить в список субоптимальных

$$\lambda_{new} = \frac{Q_1 - Q_2}{S_2 - S_1}$$

- Найти  $\min_{\lambda_{new}, \lambda_{new} > \lambda, p \in Neighbour(Result)} \lambda_{new}(Result, p)$

где  $Neighbour(Result)$  – пресеты, отличные от Result в одном параметре

# Итеративный градиентный спуск

## Характеристики алгоритма

- Алгоритм тестировался на 3-х последовательностях, 5-ти битрейтах. Кодек x264, 1728 пресетов
- Находит 70% пресетов, лежащих на огибающей
- Найденные пресеты часто совпадают с пресетами, найденными полным перебором (отклонение 0.11%)
- Кодировается 15% пресетов по сравнению с полным перебором

# Определение пресетов на огибающей

## Результаты тестирования

Option	A Lot of Presets	A Few Presets	Little Time (Bad Quality)	Middle Time (Middle Quality)	Long Time (Good Quality)
--partitions			"none"	"b8x8,p8x8"	"all"
--bframes	1	0, 2	0	1	2
--ref	1	4	1		4
--me		"tesa"	"dia", "hex"	"umh"	"tesa"
--subme		5	1	4	6
--aq-strength	"0.33"	"0.66", "1.0"	"0.66"		"0.33"

# Содержание

- **Понятие опции кодека**
- **Методы получения характеристик пресетов**
- **Методы анализа**
  - **Вычисление характеристик пресета**
  - **Определение пресетов на огибающей**
  - **Подсчет средних характеристик по опциям**
- **Выводы**
- **Потенциальное развитие методов анализа**

# Подсчет средних характеристик по опциям

- В результате полного перебора пресетов, каждое значение параметра присутствует в замерах одинаковое количество раз
- Считается среднее значение и дисперсия
  - По psnr
  - По битрейту
  - Время кодирования не учитывается

$$Q1 = 10 \log \left( \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n PSNR_i^2 \right) \quad Q2 = -10 \log \left( \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n bps_i^2 \right)$$

- Для ускорения перебора используются **ортогональные массивы**

Parameter optimization of robust low-bit-rate video coders, Sangyoun Lee; Madisetti, V.K., IEEE, 1999

# Ортогональные массивы

- $OA(n,k,q,t)$  – прямоугольный массив с  $n$  строками,  $k$  столбцами, каждый элемент принимает значения от 0 до  $q-1$
- Для любого подмассива размерностью  $n \times t$ , в значениях его встречаются все различные строки ( $q^t$  вариантов), и все варианты встречаются одинаковое количество раз ( $\lambda$ )

1	1	1	1
1	2	2	2
1	3	3	3
2	1	2	3
2	2	3	1
2	3	1	2
3	1	3	2
3	2	1	3
3	3	2	1

$OA(9,4,3,2), \lambda=1$

Parameter optimization of robust low-bit-rate video coders, Sangyoun Lee; Madiseti, V.K., IEEE, 1999

# Ортогональные массивы

## Свойства

- Количество строк меньше комбинаций параметров (9 против  $3^4=81$ )
- Содержат информацию о взаимодействии всех пар параметров
- Варианты массивов с не одинаковым диапазоном значений параметров (mixed arrays)
- Массивы берутся из таблиц или генерируются программно

Parameter optimization of robust low-bit-rate video coders, Sangyoun Lee; Madisetti, V.K., IEEE, 1999

# Подсчет средних характеристик



## ПО ОПЦИЯМ

## Тестирование параметров

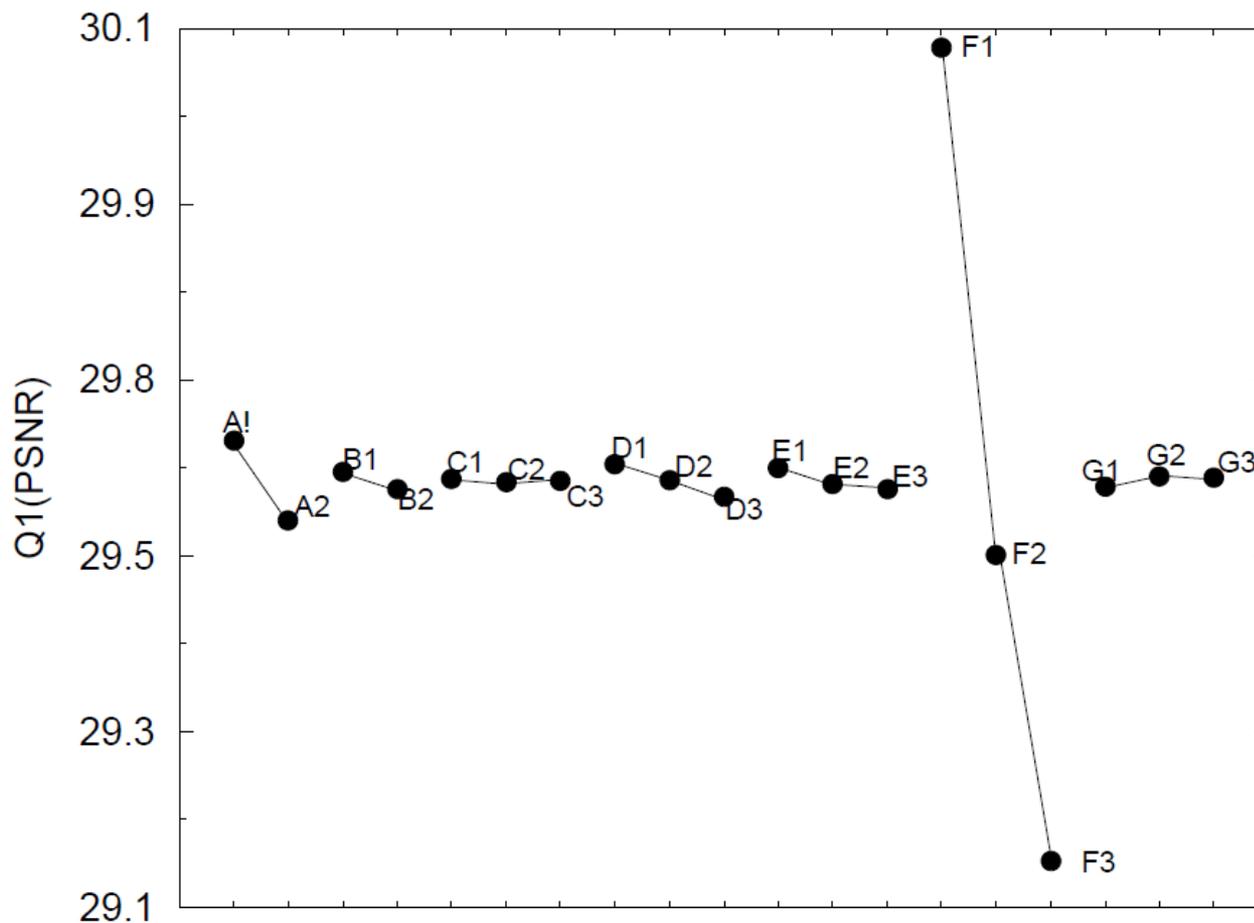
<b><u>Advanced prediction mode (A)</u></b>	On, off
<b><u>Unrestricted motion vector mode (B)</u></b>	On, off
<b><u>Inter mode preference (C)</u></b>	200, 500, 800
<b><u>Null motion vector preference (D)</u></b>	0, 100, 200
<b><u>16x16 motion vector preference (E)</u></b>	100, 200, 300
<b><u>Quantization level (F)</u></b>	10, 16, 22
<b><u>Motion vector search range (G)</u></b>	5, 10, 15

Итого - 972 запуска

Используя ортогональные массивы – 36 запусков

Parameter optimization of robust low-bit-rate video coders, Sangyoun Lee; Madisetti, V.K., IEEE, 1999

# Подсчет средних характеристик по опциям Тестирование параметров



# Подсчет средних характеристик



## по опциям

## Результаты

- Алгоритм работал на последовательности Foreman
- Результаты проверялись на последовательностях carphone, mother-daughter, suzie, salesman, trevor
- Сравнивались с TMN5 (H.263)
- Получено +0.2 dB в среднем (по PSNR)

# Подсчет средних характеристик по опциям Результаты

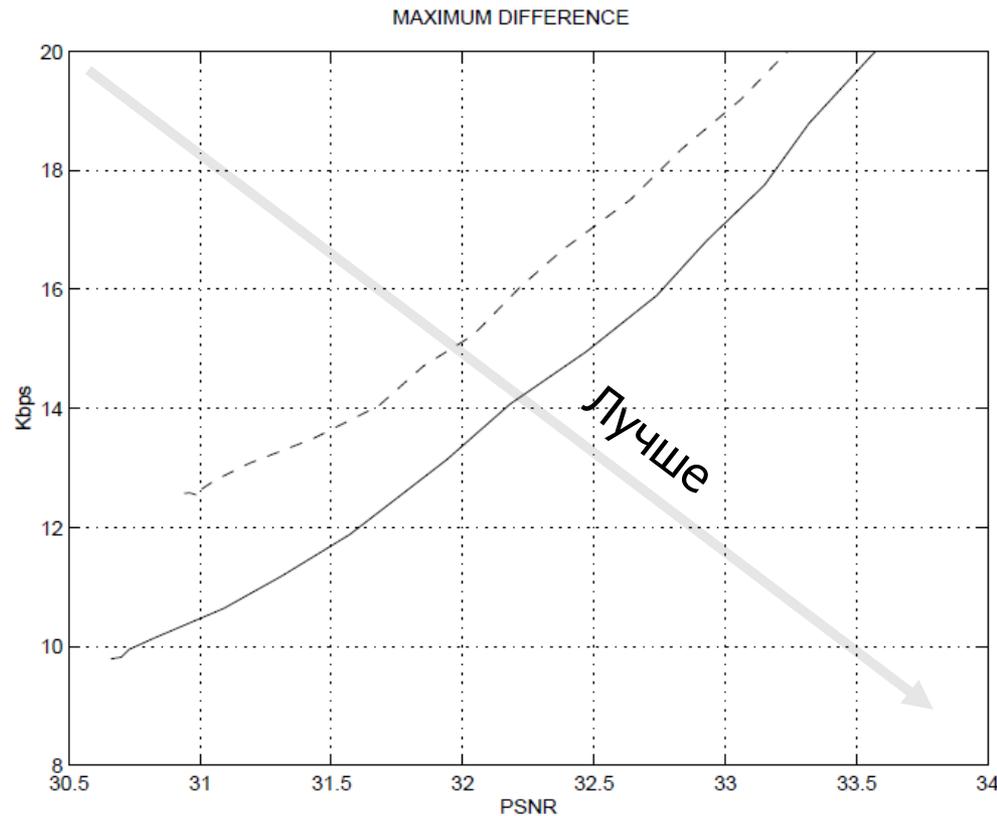
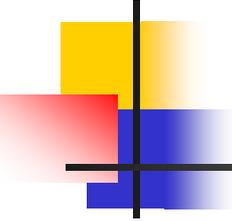


Fig. 7. Suzie sequence result(- : Obtained parameter result - - : TMN5 result) : Mean Quantization Level(11.97 ~ 30.59)



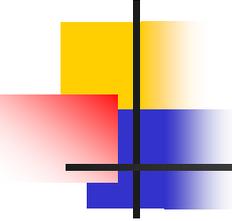
# Содержание

---

- ❑ **Понятие опции кодека**
- ❑ **Методы анализа**
- **Выводы**
- ❑ **Потенциальное развитие методов анализа**

# Особенности методики

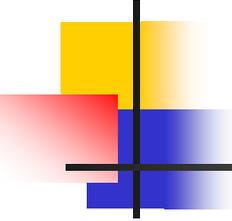
- Большое количество данных
  - Запуск многих пресетов
  - Необходима интегральная оценка
- Высокая степень автоматизации
- Необходимость верификации
- Исследуем кодек методом "черного ящика". Нет предположений о структуре кодека
- Методика зависит от используемой метрики качества



# Выводы

---

- Предложенная методика анализирует кодек в целом
- Анализируются:
  - Значения опций
  - Пресеты
  - Множества пресетов
- Интегральные оценки – возможность работы с большим количеством данных
- Высокая степень автоматизации



# Содержание

---

- **Понятие опции кодека**
- **Методы получения характеристик пресетов**
- **Методы анализа**
- **Выводы**
- **Потенциальное развитие методов анализа**
  - **Анализ зависимости опций**
  - **Анализ поведения опций в зависимости от последовательности**
  - **Объединение результатов различных методов анализа**
  - **Верификация методик**

# Анализ зависимости опций

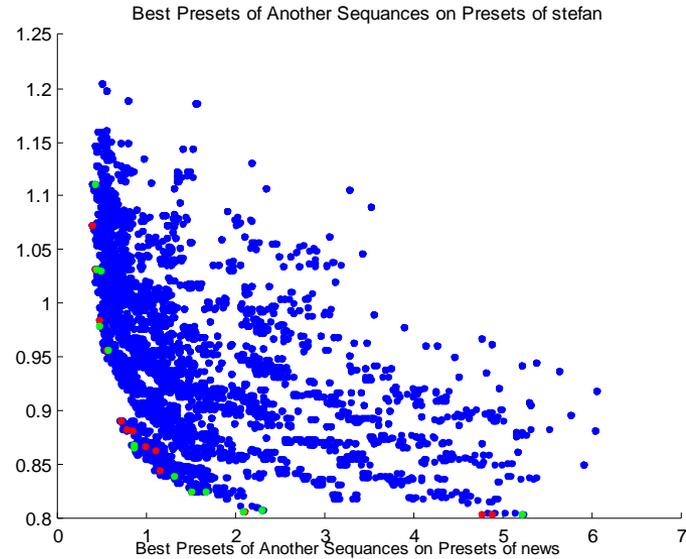
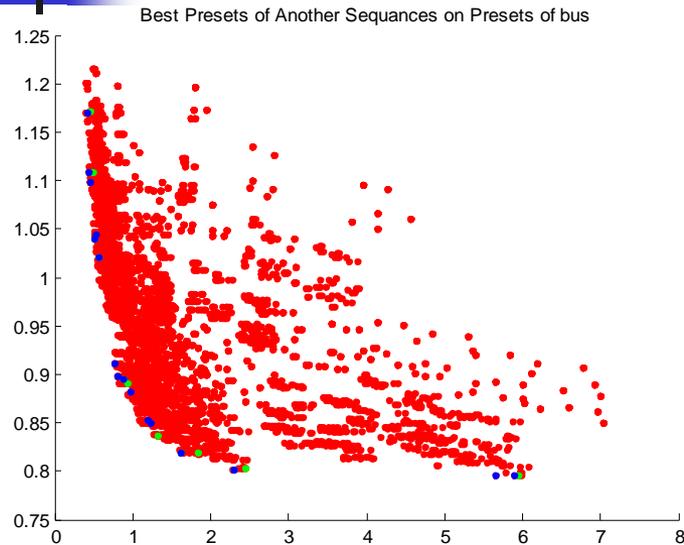
- По мнению специалистов,  
--bime начинает значительно влиять на  
качество при высоких значениях  
--ref
- Хотелось бы обоснованно получать  
подобные выводы
  - Автоматическим методом

# Анализ поведения опций в зависимости от последовательности

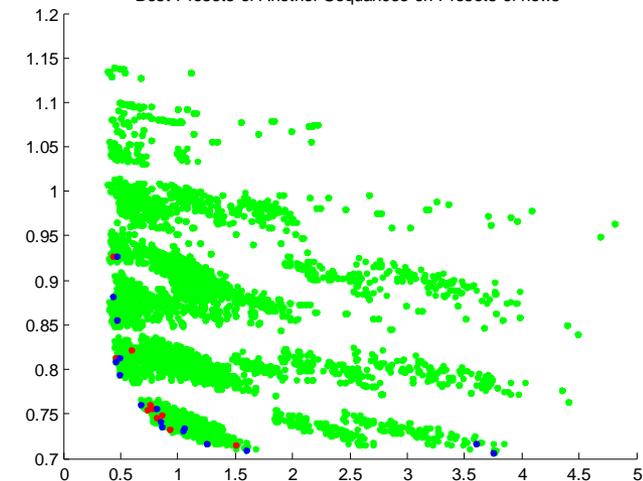


- Зависимость «состава» лучших пресетов от характеристик последовательности
- Насколько подходит оптимальный пресет другим последовательностям

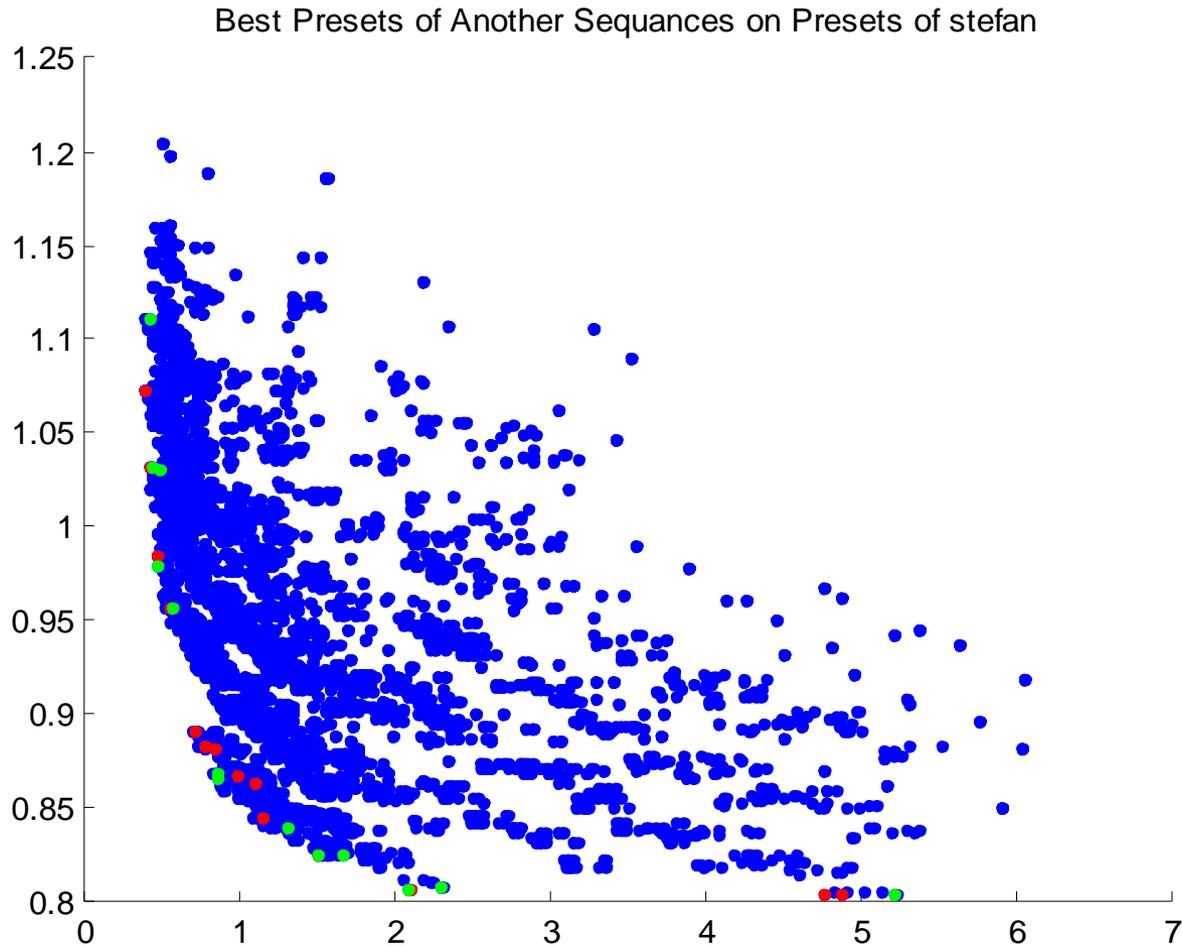
# Анализ поведения опций в зависимости от последовательности



Точки другого цвета – пресеты, оптимальные на другой последовательности

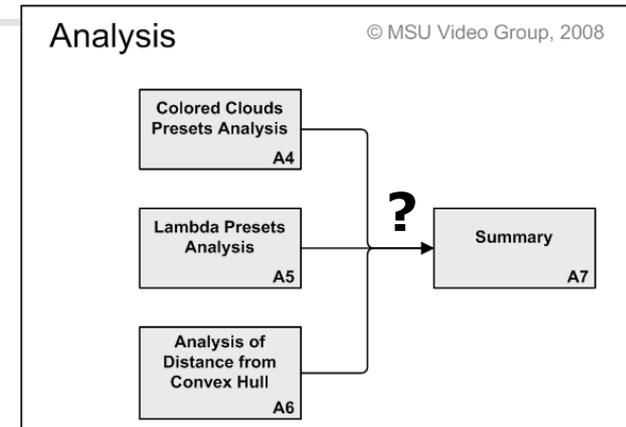


# Анализ поведения опций в зависимости от последовательности



# Объединение результатов различных методов анализа

- Методы дают похожие результаты
  - Возможно объединение
- Есть методы, исследующие на всем диапазоне скоростей/качества (дают среднюю оценку)
- Есть методы, исследующие в узкой области скорости/качества (дают более точные оценки)
- Результаты могут различаться

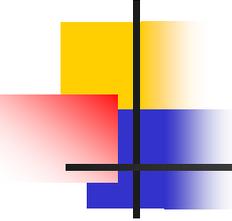


# Верификация методики

- Построение доверительного интервала
  - Являются ли пресеты, близкие к субоптимальным, не оптимальными, или это погрешность измерений
  - По скорости – время кодирования последовательности варьируется от запуска к запуску
  - По качеству – погрешности возникают из-за аппроксимации RD-кривых
- Стабильность пресетов относительно последовательности
- Проблемы внешней верификации

# Литература

- Д. Ватолин, А. Ратушняк, М. Смирнов, В. Юкин. Методы сжатия данных. Устройство архиваторов, сжатие изображений и видео. Диалог-МИФИ, 2002 г.
- ITU-T recommendation and international standard of joint video specification (ITU-T Rec. H.264/ISO/IEC 14 496-10 AVC). Joint Video Team (JVT) of ISO/IEC MPEG and ITU-T VCEG, JVTG050, 2008.
- B. Girod. What's wrong with mean-squared error? Digital Images and Human Vision, A. B. Watson, Ed. Cambridge, MA: MIT Press C. 207–220, 1993.
- Zhou Wang, Alan Conrad Bovik, Hamid Rahim Sheikh, Eero P. Simoncelli. Image Quality Assessment: From Error Visibility to Structural Similarity. IEEE Transactions on Image Processing, VOL. 13, NO. 4, April 2004.
- Ватолин Д., Паршин А. Сравнения кодеков стандарта MPEG-4 AVC/H.264 с использованием объективных метрик. Graphicon '06, стр. 447-454
- Sullivan G. J., Wiegand T. Rate-Distortion Optimization for Video Compression. IEEE Signal Processing Magazine, Vol. 15, Num. 6, pp. 74-90, Nov. 1998
- Sangyoun Lee; Madisetti, V.K. Parameter optimization of robust low-bit-rate video coders. Circuits and Systems for Video Technology, IEEE Transactions on Volume 9, Issue 6, Sep 1999 Page(s):849 – 855
- Zhijie Yang; Feng Wu; Shipeng Li. Rate distortion optimization in the scalable video coding. Circuits and Systems, 2003. ISCAS apos;03. Proceedings of the 2003 International Symposium on Volume 2, Issue , 25-28 May 2003 Page(s): II-884 - II-887 vol.2



# Вопросы

---

?