

ОБЗОР HIGH DYNAMIC RANGE АЛГОРИТМОВ

Ковтун Р. С. (СПбГЭТУ «ЛЭТИ»)

Научный руководитель – кандидат технических наук, доцент Виксин И. И.
(СПбГЭТУ «ЛЭТИ»)

Введение. Динамический диапазон (dynamic range) сцены – это её контраст, отношение самой светлой точки к самой тёмной. Динамический диапазон измеряется в степенях экспозиции. Двукратное изменение количества света соответствует одной ступени экспозиции (или одному стопу). Человек способен различить 14-16 стопов. Камеры, обладая сенсорами с разрядностью 8-12 бит на канал, способны зафиксировать лишь 5-9 ступеней. Так происходит из-за наличия шумов и нелинейности отклика сенсора. Разница между глазом и камерой проявляется при попытке сфотографировать сцену, контраст которой выходит за пределы возможностей камеры – в результате, на снимке присутствуют пересветы и/или провалы в тенях.

Глобально, известно 2 способа решения проблемы захвата широкого динамического диапазона: аппаратный (повышение разрядности сенсоров) и программный. Алгоритмы HDR (high dynamic range) предназначены для того, чтобы программно повысить возможности сенсоров и корректно отобразить сцену на современных дисплеях [1]. Ввиду того, что научных материалов на тему HDR на русском языке весьма мало, целью данного доклада является повышение осведомлённости об описанной проблеме и о существующих путях её решения в российском научном сообществе.

Основная часть. В общем случае, алгоритмы HDR требуют на вход несколько снимков одной сцены с различной экспозицией. Можно выделить две задачи, решаемые на этом этапе:

- 1) Брекетинг экспозиции [1, с. 198; 2, с. 11-13].
- 2) Выравнивание снимков. Рассматриваются алгоритмы МТВ (Median Threshold Bitmap или битовая карта медианного порога) [1, с. 155-160] и ECC (Enhanced Correlation Coefficient или повышенный коэффициент корреляции) [3].

Далее предстоит объединить снимки. Существует несколько подходов к этой задаче:

- 1) Подсчёт взвешенного среднего между снимками. Рассматривается собственный метод на основе функции Гаусса.
- 2) Восстановление карты яркости. Рассматривается алгоритм Paul Debevec для восстановления функции отклика сенсора и объединения изображений с помощью неё [4]. Этот подход требует решения дополнительной задачи – приведение карты яркости к 8-битному формату. Этот шаг называется тональной компрессией (или tone mapping), так как его суть в сжатии динамического диапазона сцены так, чтобы отобразить его на экране с минимальными потерями. Существует множество алгоритмов тональной компрессии, но все они так или иначе моделируют поведение глазной сетчатки, которое описывается уравнением Нака-Раштона. Рассматриваются алгоритмы Reinhard et al [5] и алгоритм с билатеральной фильтрацией Durand et al [6].
- 3) Современный подход к решению задачи отображения HDR подразумевает использование нейросетей [7].

Выводы. Проведен обзор существующих подходов к решению задачи отображения широкого динамического диапазона сцены, рассмотрены их преимущества и недостатки. Дальнейшая работа подразумевает улучшение современных методов и разработку новых в целях стремления к созданию универсального алгоритма HDR, который не зависит от условий сцены и гибко настраивается под дисплей.

Список использованных источников:

1. Reinhard E., Heidrich W., Debevec P., Pattanaik S., Ward G., Myszkowski K. High Dynamic Range Imaging, Second Edition Acquisition, Display, and Image-Based Lighting (Визуализация широкого динамического диапазона). – Amsterdam: Morgan Kaufmann Publishers, 2010. – 673 p.
2. Найтингейл Д. HDR Фотография; пер. с англ. – М.: Хорошая книга, 2012. – 176 с.
3. Evangelidis G. D., Psarakis E. Z. Parametric Image Alignment Using Enhanced Correlation Coefficient Maximization (Параметрическое выравнивание изображений с использованием максимизации повышенного коэффициента корреляции). – IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence, 30(10) – oct. 2008.
4. Debevec P., Malik J. Recovering High Dynamic Range Radiance Maps from Photographs (Восстановление карт яркости с широким динамическим диапазоном из фотографий). – Proc. of ACM SIGGRAPH 1997, 1997. – p. 369–378.
5. Reinhard E., et al. Photographic tone reproduction for digital images (Фотографическое восстановление тона цифровых снимков). – ACM transactions on graphics (TOG) 21.3, 2002. – p. 267–276.
6. Durand F., et al. Fast bilateral filtering for the display of high-dynamic-range images (Быстрая билатеральная фильтрация для отображения кадров с высоким динамическим диапазоном). – ACM transactions on graphics (TOG). Vol. 21. No. 3. ACM, 2002.
7. Lin W., Kuk-Jin Y. Deep Learning for HDR Imaging: State-of-the-Art and Future Trends (Глубокое обучение для отображения широкого динамического диапазона: современное положение дел и будущие тенденции). – IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence. – 2021. – Т. 44. – №. 12. – с. 8874-8895.