

ОСОБЕННОСТИ СТАТИСТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ И КОМПРЕССИИ АЭРОВИДЕОИЗОБРАЖЕНИЙ В ЭЛЕКТРОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ

FEATURES OF STATISTICAL PROCESSING AND COMPRESSION OF AEROVIDEOIMAGES IN THE ELECTRONIC-MEASURING SYSTEMS OF TRANSPORT FLOWS MONITORING

**E. Minakov
D. Kalistratov
A. Kiselev**

Summary. Considered the perspective of electronic measuring system, based on quadcopters (miniature helicopter), given a statement and proposed the solution of problems of statistical analysis and video compression of quasi-stationary image flows, which uses a similar system, provides graphic simulation results and the experimentally obtained optimal values of the parameters of such a system.

Keywords: electronic-measuring system, quadcopter, aérovideocapture, non-stationary source, digital image, statistical analysis, compression.

Минаков Евгений Иванович

Д.т.н., профессор, ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет» (ТулГУ), Институт высокоточных систем имени В. П. Грязева
eminakov@bk.ru

Калистратов Дмитрий Сергеевич

К.т.н., ассистент, ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет» (ТулГУ), Институт высокоточных систем имени В. П. Грязева
Kalistratow@list.ru

Киселев Алексей Петрович

Аспирант, ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет» (ТулГУ), Институт высокоточных систем имени В. П. Грязева
sctulka@mail.ru

Аннотация. Рассматривается перспективная электронно-измерительная система на базе квадрокоптера (малогабаритный вертолёт), приводится постановка и предлагается решение задач статистического анализа и компрессии квазистационарных видеоизображений кадровых потоков, используемых подобной системой, приводятся графические результаты моделирования, а также полученные экспериментально оптимальные значения параметров подобной системы.

Ключевые слова: электронно-измерительная система, квадрокоптер, аэровидеосъёмка, нестационарный источник, цифровое изображение, статистический анализ, компрессия.

На сегодняшний день всё большую актуальность приобретает проблема автомобильных заторов крупных мегаполисов [1,2,3,4]. Данная проблема оказывает негативное влияние на развитие инфраструктуры города, поскольку в значительной степени затрудняет движение транспортных потоков.

Очевидно, что для того, чтобы перейти непосредственно к управлению движением транспортного потока с целью минимизации количества заторов, необходимо изначально иметь дополняющую автоматизированную электронно-измерительную систему, выходные данные которой (количество автомобилей, средняя скорость потока, среднее расстояние между автомобилями и др.), являлись бы входными сведениями для такой системы управления.

Одним из возможных вариантов построения подобной электронно-измерительной системы является система на базе квадрокоптера (малогабаритный верто-

лёт), с прикреплённым к нему видеорегистрирующим элементом (рис. 1).

При благоприятных погодных условиях (слабое ветровое воздействие), подобная система может получать данные в виде кадрового ряда, по которому можно в дальнейшем автоматически рассчитывать параметры транспортного потока. Причём подобная система может работать как с цветными, так и с чёрно-белыми цифровыми изображениями.

При применении подобной системы возникают две основные задачи: статистический анализ [4] и компрессия цифровых изображений [5]. Первая задача необходима непосредственно для сбора сведений о транспортном потоке, в то время как вторая возникает вследствие того, что видеоизображения являются наиболее объёмным типом данных, которые, по возможности, желательно передавать на расстояние в закодированном (сжатом) виде.



Рис. 1. Измерительная система на базе квадрокоптера

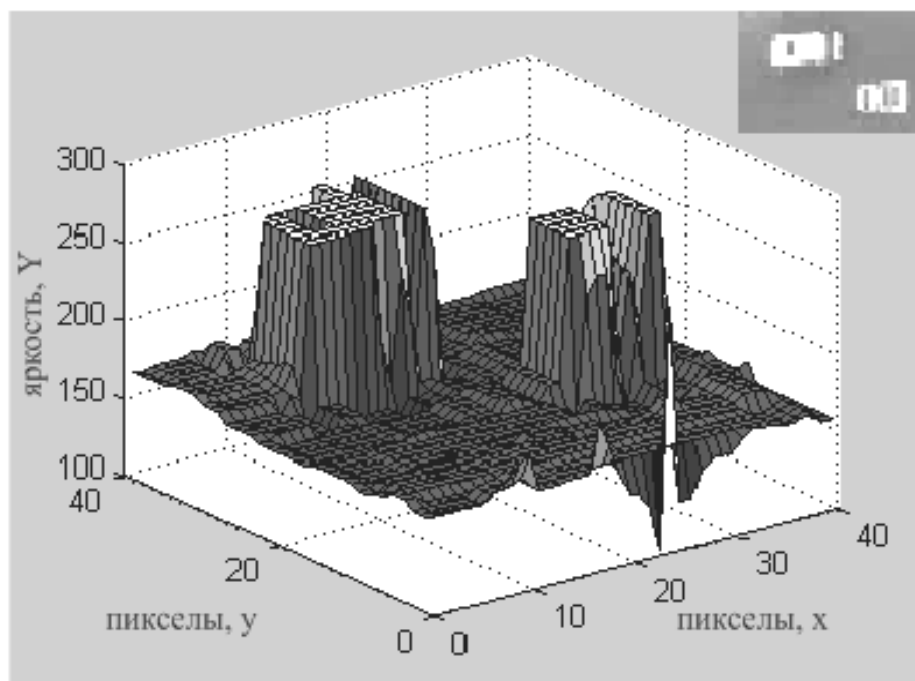


Рис. 2. Яркостная матрица фрагмента изображения до квантования

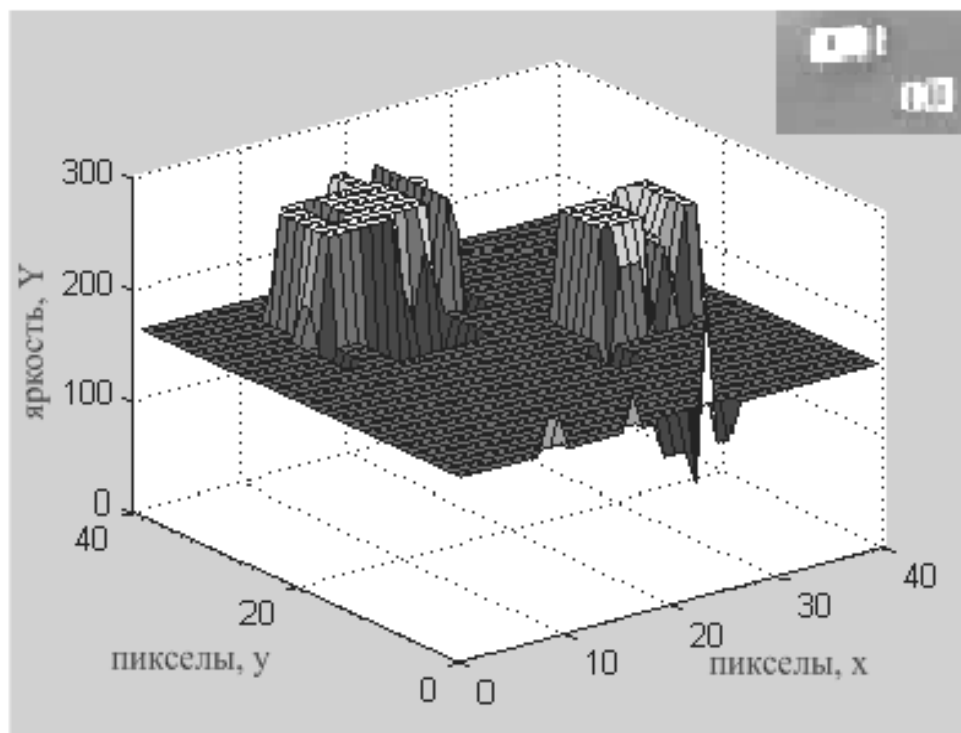


Рис. 3 Яркостная матрица фрагмента изображения после квантования

Однако, при переходе к техническому решению указанных задач возникает ряд проблем, связанных с цифровым представлением сигналов. К примеру, на рисунке ниже (рис. 2) показано представление матрицы яркостного сигнала для фрагмента изображения, содержащего две автомобильные проекции белого цвета. Без дополнительной цифровой обработки яркостной сигнал каждой из точек изображения представляется 1 байтом, то есть изначально имеет 256 возможных дискретных состояний.

По представленному рисунку видно, что проекции автомобилей белого цвета хорошо выделяются на фоне асфальтового покрытия, поскольку точки этих проекций имеют близкие к максимуму значения яркости. Однако, для автомобилей другой цветовой гаммы, менее яркой, по сравнению с белым цветом, сигналы автомобильных проекций могут снизиться по уровню до такой степени, что распознающий алгоритм может спутать их с проекцией асфальтового покрытия.

Кроме того, из-за наличия корреляционных свойств между сигналами близких друг другу по положению пикселей, зазор между соседними проекциями автомобилей в необработанном цифровом изображении может уменьшиться настолько, что распознающий алгоритм посчитает две автомобильные проекции за единое целое.

Ещё одним негативным фактором является непостоянство яркости асфальтового покрытия, которое делает сигнал изображения неудобным с точки зрения его компрессии, поскольку для обеспечения высокого значения коэффициента компрессии, в общем случае, необходимо, чтобы изображение имело бы как можно больше одинаковых по уровню сигнала областей кадра.

Частичному устранению влияния всех трёх указанных проблем способствует квантование сигнала, в ходе которого каждое значение яркостного сигнала сначала делится, а затем домножается на одно и то же число, называемое коэффициентом квантования:

$$Y_{i,j} = Y_{i,j} / q, \quad Y_{i,j} = Y_{i,j} * q,$$

где: Y — яркостная матрица изображения; i, j — индексы пикселя; q — коэффициент квантования. Причём первая операция проводится с отбрасыванием дробной части результата. Таким образом, квантование переводит сигнал в представление с меньшим количеством уровней дискретизации.

В ходе экспериментальных исследований и многократного моделирования, оптимальное значение коэффициента квантования было подобрано равным 32, а новые 8 дискретных уровней для сигнала каждой точки составили при этом:

$$Y_{i,j} \in \{0, 32, 64, 96, 128, 160, 192, 224\}.$$

При такой дискретизации (рис. 3), автомобильные проекции выделяются на фоне асфальтового покрытия более чётко, влияние корреляционных свойств сигналов соседних пикселей сглаживается, а проекция асфальтового покрытия становится удобной для кодирования кодами серий переменной длины (в которых передаются не значения по отдельности, а серии из одинаковых значений).

На указанном рисунке представлено то же самое изображение, что и на предыдущем, но уже после квантования. Съёмка происходила на высоте 150–200 м. Исследования проводились при использовании формата кадра 1024×768 пикселей с кадровой частотой, равной

30 кадр/с. При этом, поток изображений обрабатывался в режиме off-line с шагом в 10 кадров. Анализировался как цветной, так и чёрно-белый видеоряд.

Согласно результатам исследований, при указанных параметрах в кадр одновременно попадает до нескольких десятков автомобилей. Такое количество элементов выборки используется в математической статистике при работе с группированными рядами данных, и поэтому уже является приемлемым с точки зрения достоверности статистических сведений. Согласно результатам моделирования, подобная электронно-измерительная система уже сейчас в режиме off-line способна подсчитывать количество автомобильных проекций в кадре менее чем с 10% погрешностью.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агуреев И. Е., Минаков Е. И., Калистратов Д. С. Метод ускоренной геометрической стабилизации изображений видеосигнала нестационарного источника аэровидеосъёмки / И. Е. Агуреев, Е. И. Минаков, Д. С. Калистратов // Известия Тул ГУ. Технические науки. Вып. 11 Ч. 2. Тула: Изд-во ТулГУ, 2014. — С. 238–244.
2. Минаков Е. И., Калистратов Д. С. Метод геометрической стабилизации квазистационарных аэровидеоизображений в информационно-измерительных системах видеомониторинга / Е. И. Минаков, Д. С. Калистратов // Вестник компьютерных и информационных технологий, — 2016. — № 4 — С. 46–49.
3. Минаков Е. И., Калистратов Д. С., Киселев А. П. Проблемы кодирования и передачи квазистационарных аэровидеоизображений в информационно-измерительных системах видеомониторинга состояния автотранспортных потоков / Е. И. Минаков, Д. С. Калистратов, А. П. Киселев // Т-Сотт. Телекоммуникации и транспорт, — 2016. — № 6 — С. 48–51.
4. Бархоткин В. А., Минаков Е. И., Калистратов Д. С. Модель электронно-измерительной системы видеомониторинга состояния транспортных потоков на основе компрессии и передачи панорамных аэровидеоизображений / В. А. Бархоткин, Е. И. Минаков, Д. С. Калистратов // Микроэлектроника — 2016. 2-я научная конференция: Сборник докладов. — М.: АО РИЦ «ТЕХНОСФЕРА», 2016. — С. 189–193.
5. Ричардсон Я. Видеокодирование. H.264 и MPEG-4 — стандарты нового поколения. — М.: Техносфера, 2005. — 368с.

© Минаков Евгений Иванович (eminakov@bk.ru),

Калистратов Дмитрий Сергеевич (Kalistratow@list.ru), Киселев Алексей Петрович (sctulka@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»

