

УДК 004.932

В.В. Баранник, доктор технических наук, профессор
Ю.Н. Колтун

МЕТОДОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ В СИСТЕМАХ АЭРОКОСМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА

Проводиться оцінка процесів забезпечення відеоінформації в системах аерокосмічного моніторингу. Виявляються відмітні вимоги до методів стискування зображень в системах АКМ. Викладено побудову методології процесів обробки зображень в системах аерокосмічного моніторингу. Обґрунтовуються напрями вдосконалення процесів компресії зображень для підвищення ефективності функціонування систем аерокосмічного моніторингу.

Ключові слова: аерокосмічний моніторинг, обробка зображень, скорочення надмірності.

Проводится оценка процессов видеоинформационного обеспечения в системах аэрокосмического мониторинга. Выявляются отличительные требования к методам сжатия изображений в системах АКМ. Излагается построение методологии процессов обработки изображений в системах аэрокосмического мониторинга. Обосновываются направления совершенствования процессов компрессии изображений для повышения эффективности функционирования систем аэрокосмического мониторинга.

Ключевые слова: аэрокосмический мониторинг, обработка изображений, сокращение избыточности.

An estimation of video information processes providing in the systems of the aerospace monitoring is carried out. Distinctive requirements to the methods of compression of images in the systems of ACM are stated. The construction of the processes image processing methodology in the systems of aerospace monitoring is described. The directions of processes image compression improving for the increase of the efficiency of functioning of the aerospace monitoring systems are defined.

Keywords: aerospace monitoring, processing of images, reduction of surplus.

В современных мировых условиях важная составляющая развития общества заключается в создании и совершенствовании систем аэрокосмического мониторинга (АКМ) [1; 2]. Одно из назначений АКМ связано с предупреждением и локализацией стихийных бедствий, техногенных и природных катаклизмов. Системы мониторинга интегрируют в себе процессы: связанные со сбором информации об исследуемых объектах; с обработкой, сортировкой, запоминанием и хранением информации; с передачей информации для проведения анализа те-

кущей обстановки. Аэрокосмический мониторинг Земли осуществляется на основе группировки низкоорбитальных космических аппаратов (КА), беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), аэробусов и пилотируемых летательных аппаратов (ПЛА).

Однако технические возможности подсистемы обработки и передачи видеоинформации для космического и наземного сегментов систем аэрокосмического мониторинга неадекватны объемам информационных потоков, требуемых для безошибочного решения комплекса общемировых и отраслевых задач в реальном времени. Отсюда необходимо решить *научно-прикладную задачу*, состоящую в повышении оперативности доведения видеоданных в системах аэрокосмического мониторинга для заданного уровня достоверности получаемой информации. Одно из направлений снижения суммарного времени на обработку и передачу достоверной видеоинформации на основе уменьшения их объемов заключается в использовании подсистем сжатия изображений (ПСИ) [4].

Формулировка требований для процессов обработки изображений в системах аэрокосмического мониторинга.

Отличительные требования к системам сжатия изображений АКМ вызваны:

1) особенностями систем АКМ, проявляющимися в качестве накладываемых ограничений относительно: времени сеанса связи; пропускной способности каналов связи; вычислительных возможностей бортовых систем обработки данных; энергетических ресурсов борта летательного аппарата; допустимых вносимых погрешностей на этапе цифровой обработки, что диктуется повышенным требованием относительно разрешения снимков и степени достоверности получаемой информации; возможности предварительного анализа изображений с участием человека; участия оператора в анализе изображения в центрах приема и сбора информации – проводится машинная обработка без участия человека;

2) особенностями формирования изображений на борту летательных аппаратов, а именно: строятся многоканальные изображения, каждое из которых имеет большой объем порядка нескольких сотен Мбит; нестационарность статистических свойств для отдельных изображений, проявляющаяся в интенсивном изменении значений элементов изображений, отсутствии линейных статистических зависимостей между элементами кадра; наличии корреляции между изображениями как составляющими МКИ.

С учетом данных особенностей к методам сжатия видеоданных в системах АКМ выдвигаются следующие требования:

1. Необходимо совместить высокую скорость формирования информационного потока с возможностью реализации сжатия бортовыми вычислительными системами.

2. Увеличить объем Q передаваемых видеоданных за время сеанса между летательным аппаратом и пунктом приема информации.

3. Обработка должна осуществляться с учетом: отсутствия априорных сведений об изображении; возможности автоматически управлять степенью сжатия, количеством операций на обработку и величиной PSNR.

4. Технология сжатия изображений должна иметь возможность осуществлять обработку в одном потоке с компактным представлением телеметрических данных.

5. Обработка изображений должна осуществляться как на основе устранения статистической избыточности, так и на основе сокращения других видов избыточности.

Построение классифицирующего подхода относительно создания методов обработки изображений.

Классификация основных подходов относительно сжатия изображений в соответствии с требованиями, выдвигаемыми системами АКМ реализуется по следующим основным признакам [3–5]:

1) количество операций, затрачиваемое на сжатие данных: Pr1,1 – отношение между количеством операций умножения и сложения $q(\times)$ и $q(+)$; Pr1,2 – порядок $O(q)$ количества операций в зависимости от количества обрабатываемых данных n ; Pr1,3 – отсутствие вещественных операций умножения и сложения;

2) Pr2 – возможность дополнительного увеличения степени сжатия без дополнительного устранения психовизуальной избыточности и дополнительного увеличения количества операций на обработку;

3) Pr3 – устранение психовизуальной избыточности;

4) Pr4 – обработка без внесения погрешности;

5) Pr5 – сокращение избыточности не зависящей от степени стационарности обрабатываемых данных;

6) Pr6 – управление степенью сжатия η , временем обработки q , величиной PSNR;

7) Pr7 – возможность сокращения избыточности без предварительного анализа данных в условиях отсутствия априорных сведений.

В зависимости от наличия в методе того или иного признака можно характеризовать процесс обработки на возможность использования его в системах АКМ. Классификация методов компрессии видеоданных приведена в табл. 1. Для проведения классификации рассматриваются методы сжатия, реализующие основные подходы для сокращения избыточности, а именно: кодирование длинами серий (RLE), арифметическое кодирование (AK), кодирование с пополнением кадров (КПК), метод словарного кодирования (LZW), методы, используемые в форматах JPEG, JPEG2000, и MPEG, метод стационарного одноуровневого полиадического кодирования (СОПК) [3–5].

Классификационный анализ различных методов сжатия по степени сжатия и времени обработки видеоданных на борту летательного аппарата позволил заключить следующее:

1. Наибольшие степени сжатия обеспечиваются ценой сокращения величины PSNR как следствие снижения качества восстановленных изображений на приемной стороне, т. е. снижается уровень достоверности информации.

2. Для PSNR, отвечающих требуемому уровню достоверности получаемой информации, соответствуют: низкие степени сжатия видеоданных как результат зависимости эффективности процесса компрессии от статистических характеристик обрабатываемых изображений; большие временные затраты на обработку, обусловленные как ограниченными вычислительными возможностями бортовой аппаратуры, так и большим количеством вещественных операций умножения и сложения.

Таблиця 1

Классификация методов сжатия на соответствие требованиям АКМ

Метод	Признак			Pr 2	Pr 3	Pr 4	Pr 5	Pr 6	Pr 7
	Pr1,1	Pr1,2	Pr1,3						
RLE	$q(x)=0$	n	+	+/-	+	+	-	-	-
АК	$q(x) \approx q(+)$	kn^2	-	+/-	+	+	-	-	-
КПК	$q(x)=0$	n	+	+/-	+	+	-	-	-
LZW	$q(x) \sim q(+)$	kn^2	-	+/-	+	+	-	-	-
JPEG	$q(x) > q(+)$	kn^3	-	+/-	-	-	-	+	+
JPEG2000	$q(x) > q(+)$	kn^3	-	+/-	-	-	-	+	+
MPEG	$q(x) > q(+)$	kn^3	-	+/-	-	-	-	+	+
СОПК	$q(x) \sim q(+)$	n^2	+	+/-	+	+	+	-	+

3. Для методов сжатия без внесения погрешности свойственны: недостаточные значения степени сжатия.

4. Метод сжатия, базирующийся на стационарном одноуровневом полиадическом кодировании (СОПК) обладает недостатком свойственным и для других методов без потери качества, а именно низкое значение степени сжатия.

Следовательно, на основе проведенных исследований можно сделать вывод, что существующие методы сжатия изображений не в полной мере соответствуют требованиям, выдвигаемым системами АКМ.

Создание методологических основ для осуществления обработки изображений в системах аэрокосмического мониторинга.

Из анализа данных в табл. 1 следует, что совершенствование процессов сжатия изображений в системах аэрокосмического мониторинга необходимо проводить так, чтобы созданный метод обладал возможностью осуществлять компрессию видеоданных и данных как независимо (т.е. как отдельный метод сжатия), так и в качестве составной компоненты существующих методов. Это объясняется тем, что ни один из существующих методов не позволяет в полной мере удовлетворить требованиям обработки изображений на борту летательного аппарата.

В качестве базового подхода для создания нового метода компрессии предлагается использовать компактное представление основанное на СОПК. Это обосновывается следующими достоинствами: меньшей зависимостью степени сжатия от статистических свойств изображений; свойством сжатия и восстановления данных без внесения погрешности; относительно небольшой затратой количества целочисленных операций; степень сжатия изображений ДЗЗ на уровне степени сжатия, обеспечиваемой методами форматов JPEG и JPEG2000, но при меньшей затрате количества операций на обработку.

Это позволяет организовывать на базе данного подхода как независимую обработку изображений, так и обработку в качестве составной части других

методов. Потенціальна можливість усунення избыточности не статистической природы за относительно небольшие временные интервалы обработки позволяет использовать данный метод в системах в существующих системах компрессии изображений, таких как JPEG2000 и MPEG.

Для определения направления совершенствования процесса сжатия на основе усунення комбинаторной избыточности видеоданных путем их полиадического кодирования рассмотрим недостатки СОПК.

Стационарность полиадического кодирования заключается в том, что не учитывается изменение динамического диапазона внутри обрабатываемого массива видеоданных.

Одноуровневость полиадического кодирования состоит в том, что основания элементов полиадического числа – абсолютные значения их динамических диапазонов относительно нулевого уровня шкалы квантования.

Существенные недостатки стационарного одноуровневого полиадического кодирования заключаются в:

а) снижении степени сжатия за счет:

– увеличения динамического диапазона обрабатываемых данных. Это приводит к увеличению значений весовых коэффициентов элементов полиадического числа, и следовательно, к повышению значения кода-номера;

– затрат количества разрядов на представление служебной информации – на представление оснований полиадического числа. Это приводит к снижению степени сжатия и к отсутствию такого свойства как минимальное гарантированное значение степени сжатия;

б) увеличению количества операций на обработку в результате:

– выполнения двух проходов для формирования кодограммы (первый проход выполняется для формирования единой системы оснований, второй – для вычисления кода-номера);

– увеличения цифрового объема промежуточных данных (поскольку требуется хранить массивы данных больших размеров).

Для выхода из такой ситуации предлагается организовывать сжатие видеоданных на основе динамической обработки. Построение динамической обработки базировалось на:

– методах интерполяции и экстраполяции;

– выполнении трехмерных ортогональных преобразований, например трехмерного ДКП;

– построении систем кодирования с пополнением кадров на базе выявления неменяющихся областей кадров в последовательности;

– технологии компенсации движения, строящейся на методах аппроксимации и предсказания.

Их недостатки: потеря информации; низкая устойчивость к изменению (повышению или снижению) интенсивности изменения содержания между блоками (кадрами, подтрансформантами); потенциально учтены практически все возможности процессов сокращения статистической избыточности на основе существующих теоретических подходов.

Поэтому предлагается организовывать динамическое сжатие изображений на базе полиадического кодирования, обеспечивающего сокращение комбинаторной избыточности. Однако существующие теоретические подходы и методы по-

зволяють строить только статические одноуровневые полиадические системы сжатия данных.

1. Функционирование систем аэрокосмического мониторинга осложняется наличием *противоречия*, вызванного резким повышением объемов информационных потоков.

2. Разработаны методологические основы процессов обработки изображений в системах аэрокосмического мониторинга, базирующиеся на том, что:

1) в качестве базового подхода для создания нового метода компрессии предлагается использовать компактное представление основанное на СОПК. Это позволит обеспечить: меньшей зависимостью степени сжатия от статистических свойств изображений; свойством сжатия и восстановления данных без внесения погрешности; относительно небольшой затратой количества целочисленных операций; степень сжатия изображений ДЗЗ на уровне степени сжатия, обеспечиваемой методами форматов JPEG и JPEG2000, но при меньшей затрате количества операций на обработку. Это позволяет организовывать на базе данного подхода как независимую обработку изображений, так и обработку в качестве составной части других методов;

2) предлагается организовывать динамическое сжатия изображений на базе полиадического кодирования, обеспечивающего сокращение комбинагорной избыточности. Однако существующие теоретические подходы и методы позволяют строить только статические одноуровневые полиадические системы сжатия данных.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. *Олифер В.Г.* Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы / В.Г. Олифер, Н.А. Олифер. – СПб. : Питер, 2006. – 958 с.
2. *Гонсалес Р.* Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс. – М. : Техносфера, 2005. – 1073 с.
3. *Баранник В.В.* Рельефное представление изображений пирамидальным кодированием / В.В. Баранник // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2001. – № 1. – С. 17–25.
4. *Баранник В.В.* Структурно-комбинаторное представление данных в АСУ / В.В. Баранник, Ю.В. Стасев, Н.А. Королева. – Х. : ХУПС, 2009. – 252 с.
5. *Баранник В.В.* Динамическое кодирование трансформант изображений в двухуровневом полиадическом пространстве / В.В. Баранник, И.В. Хаханова, В.В. Елисеев // Радиоэлектроника и информатика. – Вып. 2. – 2007. – С. 90–96.

Отримано 06.04.2011