

УДК 681.325

Ю.П. Сальник

Львовский институт Сухопутных войск  
при Национальном университете «Львовская политехника»

## НАПРАВЛЕНИЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ МОНИТОРИНГА МЕСТНОСТИ ПЕРСПЕКТИВНОЙ АППАРАТУРОЙ БПЛА

*Предлагаются рекомендации по обеспечению мониторинга местности аппаратурой БПЛА за счет сжатия визуальной информации на борту аппарата.*

*мониторинг местности, БПЛА, сжатие визуальной информации, матрицы ПЗС*

### Введение

**Постановка проблемы и анализ публикаций.** Фотографические и телевизионные комплексы дистанционного мониторинга местности занимают доминирующее положение в общей системе разведки большинства развитых стран. Такое положение обусловлено как особенностью восприятия информации человеком, согласно которой через зрительный канал восприятия человек получает до 80% информации об окружающем мире [1, 2], так и высокой эффективностью, и относительно низкой стоимостью такой аппаратуры [3]. Планы оснащения современным вооружением развитых стран показывают, что одно из центральных мест в развитии средств мониторинга отводится внедрению и применению БПЛА [4]. Динамично изменяющаяся обстановка на местности затрудняет выбор объектов наблюдения перед вылетом, поэтому аппаратура БПЛА вынуждена обрабатывать значительные объемы информации в процессе приема, обработки и передачи изображений. Анализ путей решения задачи обработки и передачи больших объемов информации об изображениях в телекоммуникационных и вычислительных сетях показывает, что наиболее эффективным является использование методов сжатия изображений. Анализ существующих методов сжатия показал, что последние достигают высоких степеней сжатия за счет существенного увеличения вычислительной сложности, что затрудняет, а чаще не позволяет проводить обработку информации на борту БПЛА.

**Цель статьи.** Разработать рекомендации по использованию на борту БПЛА существующих методов сжатия изображений, а также разработать требования к разрабатываемым методам сжатия изображений, полученным при мониторинге Земли.

### Изложение основного материала

Использование БПЛА при мониторинге местности имеет следующие позитивные стороны [3]: автономность действий при выполнении поставленных задач; возможность многоцелевого использования; наличие помехоустойчивых линий связи с пунктами управления мониторингом; относительно невысокая стоимость производства и эксплуатации; возможность модернизации путем переоснащения бортовой аппаратуры; невысокие требования к живучести БПЛА по сравнению с пилотируемыми самолетами. В зависимости от назначения, размера БПЛА изменяется и состав бортовой аппаратуры. Для обеспечения мониторинга противопожарной обстановки лесных массивов, защиты от браконьерства водных массивов, наблюдения за приграничными районами Украины (особенно горными) перспективно использование фотоаппаратуры на основе твердотельных матриц – так называемые «приборы с зарядовой связью» (далее матрицы ПЗС). Необходимость обеспечения требуемой разрешающей способности матриц ПЗС (табл. 1), используемых в современной аппаратуре цифровой съемки, ведет к увеличению объема памяти устройств приема и хранения информации, а так же времени передачи изображений с борта БПЛА на землю (табл. 2).

Как видно из таблиц, существующие системы передачи данных не позволяют своевременно передавать с БПЛА полученную информацию. Использование стандартизованных методов сжатия, таких как JPEG, JPEG-2000, WI, RAR, наряду со значительным снижением объемов информации (усредненные коэффициенты  $K_{сж}$  сжатия соответственно 22; 27; 32; 2,5 раза), увеличивает время обработки и передачи изображения на время  $t_{сж}$  сжатия (рис. 1).

Таблица 1  
Характеристика матриц ПЗС современных фотоаппаратов

Название	Размер кадра, пикселей	Чувствительность, люкс	Формат матрицы	Год выпуска
EOS-1 D Mark II	3504×2336	100–1600	1/3"	2003
EOS-1D	2464×1648	200–1600	1/3"	2002
EOS-10D	3072×2048	200–1600	1/3"	2002
CoolPix 3200	2048×1536	200–800	2/3"	2001
AZ-2	2288×1712	200–1000	2/3"	2001
C-8080Z	3264×2448	100–1600	1/3"	2003

Таблица 2  
Время передачи изображений, с

Скорость передачи данных, кбит/с	Объём видеоданных с параметром визуализации 24 бита, кбайт					
	921,6	1440	2230	5760	9120	12160
9,6	768	1200	1858	4800	7600	10133
50	147	230	356,8	921	1459	1945
64	115	180	278,7	720	1140	1520
12500	0,6	0,921	1,427	3,686	5,836	7,8
25000	0,3	0,46	0,713	1,84	2,92	3,9

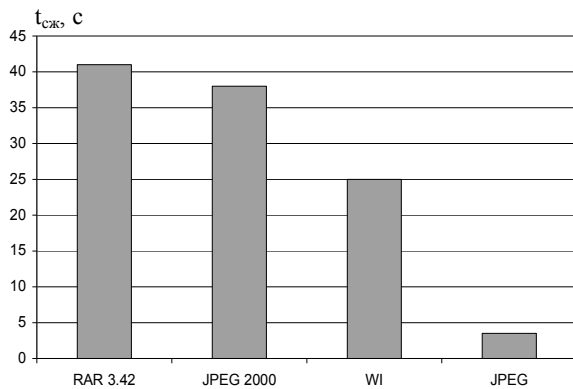


Рис. 1. Время сжатия изображений размерностью 2288x1712 пикселей различными методами сжатия

Анализ рис. 1 и табл. 2 показывает, что при мониторинге объектов в условиях, когда не требуется передача изображений в режиме реального времени, наилучшими показателями обладает метод сжатия JPEG. Вместе с тем, при мониторинге динамических объектов необходимость хранения о них информации приводит к увеличению емкости запоминающих устройств, что ведет к несоответствию с габаритно-весовыми ограничениями и значительному увеличению стоимости аппаратуры.

Исходя из требований к мониторингу местности фотоаппаратурой в режиме реального времени (рис. 2) допустимое время  $t_{сж}^{доп}$  сжатия (с учетом перекрытия  $\gamma \approx 15\%$ ) рассчитывается по выражению

$$t_{сж}^{доп} = \frac{(2H_{БПЛА} \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2} - r)}{V_{БПЛА}} - t_{реак}$$

где  $V_{БПЛА}$  – скорость полета БПЛА;  $H_{БПЛА}$  – высота полета БПЛА;  $R \times R$  – размер получаемого;  $\varphi$  – угол обзора фотоаппаратуры.

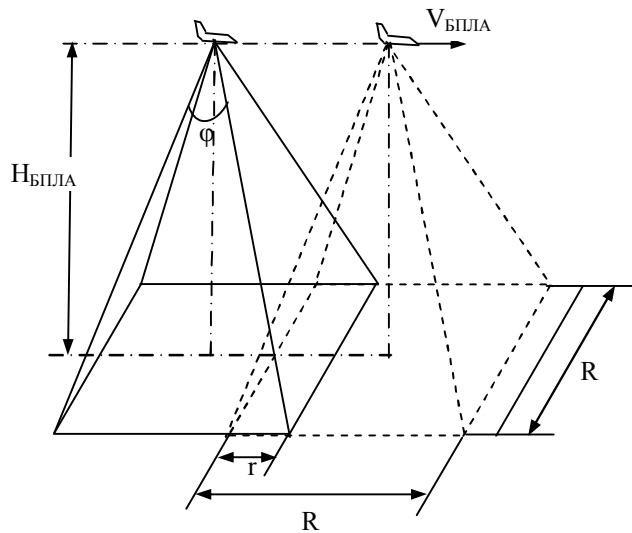


Рис. 2. Мониторинг местности с применением БПЛА

Так, при  $H_{БПЛА} = 100 \div 1000$  м,  $V_{БПЛА} = 900$  км/ч,  $\varphi = 61^\circ$  допустимое время  $t_{сж}^{доп}$  сжатия изменяется в диапазоне от 0,5 до 4,2 с. Таким образом, разрабатываемые методы сжатия изображений на борту БПЛА должны выполнять процедуры сжатия за время близкое к времени  $t_{сж}^{доп}$ , т.е. выполнять обработку и передачу изображений аппаратурой БПЛА в режиме реального времени. Рассмотрим возможные процедуры сжатия представленные на блок-схеме типичного алгоритма метода сжатия изображений с потерей качества (рис. 3).

Анализ процедур сжатия показывает, что использование 1 и 2 этапа приводит к значительному увеличению вычислительной сложности алгоритма сжатия (на  $20 \div 40\%$ ), что связано с необходимостью проведения порядка  $9 \times n$  вещественных операций умножения и  $6 \times n$  вещественных операций сложения (где  $n$  – количество отсчетов в изображении). Наиболее "весомыми" при минимизации времени обработки  $t_{сж}^{доп}$  являются 3, 4 и 5 этапы.

Представление сигналов в виде множества спектральных функций позволяет проводить их спектральный анализ, выполнять свертки сложных сигналов, проводить обработку в спектральной области с декоррелированными спектральными элементами сигнала и др. Кроме того, использование преобразования входящей последовательности отсчетов изображения позволяет перераспределить его энергию. Использование преобразования позволяет выполнять дальнейшие процедуры сжатия с декоррелированными коэффициентами. Вместе с тем выполнение этих процедур связано с значительной вычислительной сложностью, что определяет особую важность выбора оптимальных решений их выполнения. Этапы селекции и кодирования трансформант, полученных при преобразовании, позволяют получить собственно сжатие исходного изображения. Поэтому выбор этих этапов определяется требованиями потребителей визуальной информации по коэффициенту сжатия и



Рис. 3. Блок-схема алгоритма метода сжатия изображений с потерями

качеству ее восстановления, а также выбранным видом преобразования (реализации ортогональных, вейвлет и т.п. преобразований).

### Выводы

1. С учетом условий функционирования БПЛА при мониторинге местности и возможности использования цифровых источников изображений, таких как матрицы ПЗС, для снижения объемов информации об изображениях рекомендуется использование метода сжатия JPEG.

2. При необходимости соблюдения режима реального времени обработки информации на борту БПЛА и её передачи предлагается такие направления:

- снижение вычислительной сложности алгоритмов реализации существующих методов сжатия изображений за счет выбора ортогонального преобразования и статистического кодирования коэффициентов, по критерию минимальности вычислительных операций (например, двумерное целочисленное преобразование Хаара и арифметическое кодирование с фиксированной моделью [7]);

- обеспечение одноэтапности и целочисленности всех процедур сжатия;

- исключение из обработки коэффициентов преобразования, вносящих незначительные искажения в восстановленное изображение, при выполнении

эффективной селекции (например, выполнение селекции коэффициентов преобразования по пороговой энергии трансформанты).

3. Комплексный подход к решению задачи обеспечения мониторинга Земли, учитывающий особенности источников информации, используемых каналов связи; требования получателей по достоверности, оператив-

ности и скрытности.

### Список литературы

1. Бондарев В.Н., Трестер Г., Чернега В.С. *Цифровая обработка сигналов: методы и средства*. – X.: Конус, 2001. – 398 с.
2. *Методы передачи изображений. Сокращение избыточности / Под ред. У.К. Прэтта* – М.: Радио и связь, 1983. – 264 с.
3. Артюшин Л.М., Мосов С.П. *Застосування сил і засобів повітряної розвідки наземного противника у сучасних операціях і воєнних конфліктах // ТА*. – 2000. – № 24. – С. 76-80.
4. Кутовий О.П. *Тенденції розвитку БПЛА // НАУКА і ОБОРОНА*. – 2000. – № 4. – С. 39-47.
5. Ахмед Н., Рао К.Р. *Ортогональные преобразования при обработке цифровых сигналов / Под ред. И.Б. Фоменко*. – М.: Связь, 1980. – 248 с.
6. Ватолин Д., Ратушняк А., Смирнов М., Юкин В. *Методы сжатия данных. Устройство архиваторов, сжатие изображений и видео*. – М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 2002. – 384 с.
7. Сальник Ю.П. *Модифицированный метод арифметического кодирования с фиксированной моделью // Радиоелектронні і комп'ютерні системи*. – 2005. – № 1. – С. 50-54.

Поступила в редколлегию 2.02.2007

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. В.И. Карпенко, Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков.