

МОНИТОРИНГ МЕСТНОСТИ ПЕРСПЕКТИВНОЙ АППАРАТУРОЙ АЭРОФОТОСЪЕМКИ НА БАЗЕ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

И.Г. Кириллов, Ю.П. Сальник
(Харьковский университет Воздушных Сил)

Предложены практические рекомендации по использованию существующих методов сжатия изображений при мониторинге местности с борта беспилотного летательного аппарата (БПЛА) и проведено обоснование требований к разрабатываемым методам сжатия изображений.

беспилотный летательный аппарат, аппаратура аэрофотосъемки, мониторинг местности,

Постановка проблемы и анализ литературы. Фотографические и телевизионные комплексы мониторинга местности занимают доминирующее положение в общей системе разведки большинства развитых стран. Это обусловлено прежде всего особенностью восприятия информации человеком, согласно которой через зрительный канал восприятия человек получает до 80% информации об окружающем мире [1, 2], и высокой эффективностью аппаратуры мониторинга при ее относительно низкой стоимости [3]. Планы оснащения Вооруженных Сил развитых стран современным вооружением свидетельствует о том, что одно из центральных мест в развитии средств мониторинга земной поверхности отводится внедрению и применению БПЛА [4]. Динамично изменяющаяся обстановка на местности затрудняет априорный выбор объектов наблюдения, поэтому на борту БПЛА, как правило в режиме реального времени, требуется перерабатывать значительные объемы информации в процессе приема, обработки и передачи изображений.

Одним из наиболее эффективных направлений решения задачи обеспечения обработки и передачи больших объемов информации об изображениях в телекоммуникационных и вычислительных сетях является использование методов сжатия изображений. Анализ наиболее часто применяемых на практике методов сжатия изображений показал, что высокие степени сжатия достигаются, как правило, за счет существенного увеличения их вычислительной сложности, что затрудняет, а в большинстве случаев не позволяет производить обработку информации на борту БПЛА.

Цель статьи. Статья посвящена выработке практических рекомендаций по использованию существующих методов сжатия изображений при мониторинге местности с борта БПЛА и обоснованию требований к разрабатываемым методам сжатия изображений.

Изложение основного материала. Использование БПЛА для мониторинга 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.

Перечисленные особенности беспилотных летательных аппаратов создали предпосылки для появления значительного числа их разновидностей. В зависимости от назначения, размера БПЛА изменяется и состав его бортовой аппаратуры.

Для мониторинга противопожарной обстановки лесных массивов, защиты водных бассейнов от браконьеров, наблюдения за приграничными горными районами Украины перспективным считается использование фотоаппаратуры на основе твердотельных матриц, так называемых «приборов с зарядовой связью» (матриц ПЗС).

Обеспечение требуемой разрешающей способности матриц ПЗС (табл. 1), используемых в современной аппаратуре цифровой фотосъемки, ведет к увеличению объема памяти устройств хранения и обработки информации, а также времени передачи изображений с борта БПЛА на наземные пункты управления (табл. 2).

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

Время передачи изображений (в секундах)

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	0,92	1,43	3,69	5,84	7,8
25000	0,3	0,46	0,71	1,84	2,92	3,9

Использование известных методов сжатия, к числу которых относятся JPEG, JPEG-2000, WI, RAR, позволяет значительно снизить объемы передаваемой информации (усредненные коэффициенты сжатия равны соответственно $K_{сж}=22; 27; 32; 2,5$), а следовательно снизить требования к объему памяти устройств хранения и времени передачи информации. Однако при этом общее время обработки изображений увеличивается на время $t_{сж}$ сжатия (рис. 1).

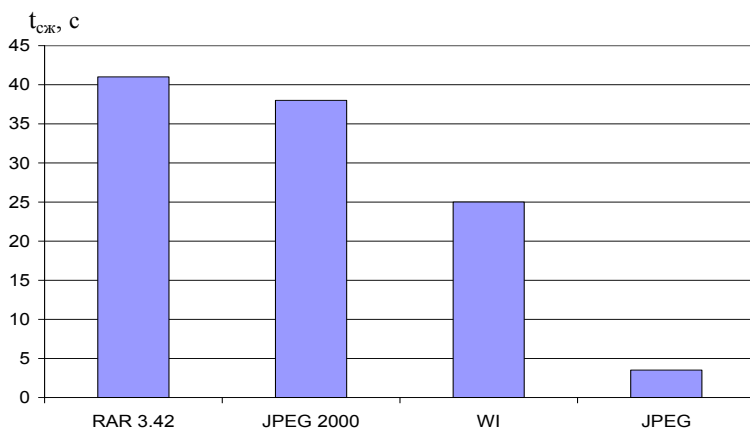


Рис. 1. Время сжатия изображений размерностью 2288×1712 пикселей различными методами

Нетрудно показать, что для обеспечения мониторинга местности БПЛА, оснащенными аппаратурой сжатия изображений, в режиме реального времени (рис. 2) допустимое время сжатия $t_{сж}^{доп}$ (с учетом перекрытия $r \approx 15\%$ соседних изображений) должно удовлетворять соотношению

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

где $V_{\text{БПЛА}}$ – скорость полета БПЛА; $H_{\text{БПЛА}}$ – высота полета БПЛА; φ – угол обзора фотоаппаратуры, $t_{\text{реак}}$ – время формирования изображения на матрице ПЗС.

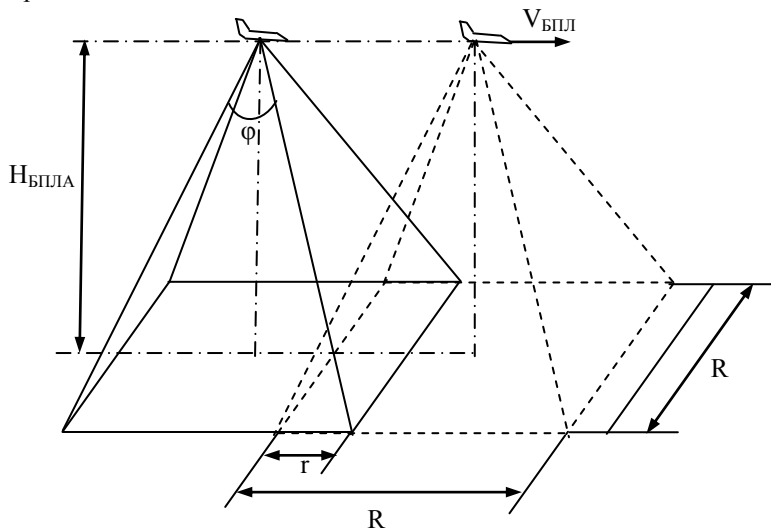


Рис.2. Мониторинг местности с применением БПЛА

Так, при $H_{\text{БПЛА}}=100\div 1000$ м, $V_{\text{БПЛА}}=900$ км/ч, $\varphi=61^\circ$ допустимое время $t_{\text{сж}}^{\text{доп}}$ сжатия изображения изменяется в диапазоне от 0,5 с до 4,2 с.

Анализ показал (см. рис.1), что наиболее практически пригодным из известных с точки зрения показателей оперативности (времени сжатия) и степени сжатия изображения является метод JPEG. Однако и при его использовании мониторинг местности с помощью БПЛА в режиме реального времени оказывается невозможным ввиду того, что существующие системы передачи данных не позволяют своевременно передавать на наземные пункты управления полученную и обработанную информацию (табл. 2).

Таким образом, возникает необходимость в разработке новых методов сжатия изображений, которые могут быть реализованы на борту БПЛА за время, не превышающее $t_{\text{сж}}^{\text{доп}}$ из приведенного выше диапазона, что позволит осуществлять мониторинг местности в режиме реального времени.

Выводы. 1. Анализ особенностей функционирования БПЛА при мониторинге местности и возможностей использования цифровых источников изображений, таких как матрицы ПЗС, показал, что наиболее

перспективным для снижения объемов информации об изображениях является метод сжатия JPEG.

2. Для обеспечения обработки и передачи информации на борту БПЛА в режиме реального времени необходимо минимизировать время сжатия изображений путем снижения вычислительной сложности соответствующих процедур. К числу основных направлений «упрощения» при разработке новых методов сжатия изображений можно отнести следующие:

– выбор ортогонального преобразования и статистического кодирования коэффициентов по критерию минимума вычислительных затрат (например, двумерного целочисленного преобразования Хаара и арифметического кодирования с фиксированной моделью [7]);

– обеспечение одноэтапности и целочисленности процедур сжатия;

– исключение из обработки коэффициентов преобразования, вносящих незначительные искажения в восстановленное изображение, при выполнении эффективной селекции (например, селекции коэффициентов преобразования по пороговой энергии трансформанты).

ЛИТЕРАТУРА

1. Бондарев В.Н, Трестер Г., Чернега В.С. Цифровая обработка сигналов: методы и средства. – Х.: 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. Методы сжатия данных. Устройство архиваторов, сжатие изображений и видео / Ватолин Д., Ратушняк А., Смирнов М., Юкин В. – М.: ДИАЛОГ–МИФИ, 2002. – 384 с.
7. Сальник Ю.П. Модифицированный метод арифметического кодирования с фиксированной моделью // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – 2005. – № 1. – С. 50 – 54.

Поступила 11.10.2005

Рецензент: доктор технических наук, профессор В.И. Карпенко,
Харьковский университет Воздушных Сил.
