

УМЕНЬШЕНИЕ ОБЪЕМА ИНФОРМАЦИИ ОБ ИЗОБРАЖЕНИИ МЕСТНОСТИ, ПЕРЕДАВАЕМОЙ С БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА, ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДАННЫХ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Г.А. Дробаха, О.В. Воробьев
(Харьковский университет Воздушных Сил)

Предложено за счет использования ортогональных преобразований к разности значений пикселей получаемого аппаратурой беспилотного летательного аппарата (БПЛА) изображения и хранящейся трансформанты изображения, полученного с помощью ГИС, уменьшить объем информации, передаваемой с БПЛА.

беспилотные летательные аппараты, изображение местности, геоинформационные системы

Постановка проблемы и анализ литературы. В планах развитых стран по оснащению вооруженных сил современной военной техникой сегодня одно из центральных мест отводится внедрению и применению БПЛА. К примеру, в военных операциях в Афганистане и Ираке использовалось до 500 американских беспилотных аппаратов, которые применялись в целях разведки, дозора и корректировки огня [1].

Существующий уровень развития технологий производства БПЛА в Украине свидетельствует в пользу возможности оснащения наших Вооруженных Сил такими же современными системами. Основанием для этого является научно-технический задел, который имеют многие научно-производственные учреждения Украины. Так научные подразделения Харьковского авиационного института с 1973 года разрабатывают, производят и испытывают подобные аппараты и многоцелевые комплексы на их основе к которым относятся БПЛА «Поиск-1(2,3)», «Альбатрос», «Ремез» и др.[1].

Наибольшее распространение БПЛА получили в качестве платформы для многоцелевых разведывательных комплексов. Причем анализ планов оснащения армий развитых стран беспилотными средствами показывает на тенденцию постепенного отказа от применения пилотируемых средств воздушной разведки. Данная тенденция связана с необходимостью уменьшения потерь личного состава, меньшей стоимостью БПЛА, их низкой заметностью во всех диапазонах по отношению к пилотируемым самолетам [1].

Вполне возможно, что основной характеристикой войны будущего станет принцип «нелинейности». В пространственном географическом измерении такие линейные элементы боевого порядка, как фронт, тыл, фланги, отойдут в прошлое. Боевые действия больше не будут концентрироваться на защите фиксированных объектов, за исключением наиболее важных. При этом динамично изменяющаяся обстановка на театре военных действий затруднит выбор объектов наблюдения перед вылетом и, значит, при разработке аппаратуры разведывательных БПЛА следует учесть необходимость обработки значительных объемов информации в процессе приема и передачи изображений. Указанное свидетельствует в пользу актуальности решения задачи обеспечения передачи информации по каналам связи между бортом БПЛА и наземным пунктом управления в необходимом объеме, с заданной оперативностью и без искажений.

Анализируя, к примеру, ход боевых действий в Югославии, Афганистане и Ираке можно отметить, что при подготовке и непосредственно в ходе боевых действий вооруженными силами США широко использовались данные, полученные с помощью БПЛА. Однако, несмотря на значительные успехи, достигнутые, в том числе и в области обработки и передачи изображений, руководство вооруженных сил США было вынуждено арендовать дополнительные спутниковые системы связи для обеспечения передачи разведывательной информации БПЛА, что было вызвано несоответствием между значительными объемами передаваемой информации и ограниченной пропускной способностью существующих каналов связи.

Основными направлениями решения проблемы несоответствия пропускной способности каналов связи и растущих объемов информации, которую необходимо передать от средства разведки до пункта управления, являются: повышение пропускной способности каналов связи; снижение объемов передаваемой информации (например, за счет уменьшения ее избыточности). Однако анализ литературы [2 – 5] указывает на то, что увеличение пропускной способности каналов связи приводит к существенному увеличению стоимости аппаратуры устанавливаемой на борту БПЛА и не может обеспечить передачу постоянно растущих объемов информации. Поэтому обоснованным является использование методов компактного представления информации. Поскольку изображения местности составляют порядка 70 % всей разведывательной информации, разработка методов сжатия таких изображений является актуальной научно-технической задачей.

Методы сжатия цифровых изображений можно разделить на две большие группы: сжатие с потерями и без потерь [3]. Используя алгоритмы сжатия без потерь, можно обеспечить архивацию изображений рассматриваемого

класса примерно в два раза. В то же время алгоритмы сжатия с потерями позволяют достигать значений коэффициента сжатия до 5 – 50 раз. Главное отличие методов сжатия с потерями заключается в использовании ортогонального преобразования (Фурье, Уолша, Хаара и др.), при котором проводится обработка не исходных отсчетов изображения, а декоррелированных коэффициентов преобразования (элементов дискретного спектра), что позволяет на этапе кодирования получить сокращение длины кодовой последовательности за счет более точной оценки энтропии источника формирующего изображение. В процессе спектральной обработки (например, фильтрации) малые по величине коэффициенты преобразования можно отбросить без заметного ухудшения качества восстановления изображения [4]. Данное утверждение основано на том, что между элементами изображения естественной природы существует корреляционная связь (глубина корреляции 8 ... 32 элемента), поэтому энергия в дискретном спектре имеет тенденцию концентрироваться в относительно небольшом числе коэффициентов. Практика показывает, что без существенного ущерба для последующего восстановления, малые по величине спектральные коэффициенты можно исключить.

С учетом особенностей применения методов компактного представления изображений на борту БПЛА, можно выделить следующие недостатки:

- методам сжатия без потерь присущи низкие коэффициенты сжатия;
- методы сжатия с потерями обеспечивают более высокие коэффициенты сжатия, однако это достигается за счет существенного повышения вычислительной сложности, в результате чего не обеспечиваются требования по оперативности, кроме того, вносимые искажения могут привести к потере важной информации, в результате чего не всегда обеспечиваются требования по достоверности.

Цель статьи. Обоснование подхода к уменьшению объема информации об изображении, передаваемой с БПЛА, за счет использования ортогональных преобразований к разности значений пикселей получаемого аппаратурой БПЛА изображения и хранящейся трансформанты полученного с помощью ГИС изображения.

Основная часть. Предлагаемый подход основан на свойствах ортогональных преобразований и стал возможен благодаря переходу от иерархической к распределенной структуре автоматизированных систем управления войсками, а также развитию геоинформационных систем (ГИС).

Так в соответствии с проектом США Объединенное видение-2020 (Joint Vision-2020) Объединенное командование на основе интегрированного наблюдения, обзора и разведки будет обладать всеобъемлющей оперативной картиной, «непосредственно присутствовать» в районах операций. Это становится возможным благодаря созданию архитектуры

«С4»: командование, контроль, коммуникации и компьютерные системы. Одной из главных функций «С4» является сбор и первоначальная обработка информации, придание ей формы, удобной для передачи, хранения и использования данных.

С вводом в эксплуатацию только лишь тестового ресурса ГИС «Earth Google» появилась возможность получать покрытие земного шара космическими снимками с любой технически доступной на сегодняшний день детализацией, определять географические координаты любого объекта. Пользователь ресурса фактически получает доступ ко всем самым современным географическим технологиям. Становится возможным изучение трехмерных моделей рельефа, городов и объектов и виртуальные «полеты» над ними. Но самое главное – пользователь может создавать собственные картографические слои в любом удобном для него виде тематической классификации и в любой топологии (линейной, точечной, полигональной), наполнять их семантическими (атрибутивными) данными, а также обмениваться ими.

Если сопоставить получаемое БПЛА изображение I_1 определенного участка местности с изображением I_2 полученным для того же ракурса и той же высоты но с помощью ГИС, можно предположить что их отличие будет определено некой функцией, переменными в которой являются освещенность, сезонные цветовые составляющие, временные составляющие и т.д. Зная законы распределения величин этих составляющих, и оперативно получая данные о их значениях в зоне действия БПЛА, можно внести изменения в данные ГИС и получить I_3 изображение с максимально приближенными к I_1 параметрами, что уже реализуется в таком редакторе как «Virtual GIS». Очевидно, что оценка среднего квадратического отклонения параметров получаемого БПЛА изображения I_1 и отредактированного изображения I_3 тем более будет стремиться к нулю, чем более точно предсказаны описанные выше переменные, при условии, что отсутствуют новые объекты в изображении. При наличии же в получаемом изображении динамических по отношению к модели объектов, основная доля энергии разности будет приходиться именно на представление этих объектов [6].

Для того чтобы рассмотреть предлагаемый подход на примере наиболее распространенного в методах сжатия дискретно-косинусного преобразования (ДКП) сформулируем для него свойство линейности.

Трансформанта разности значений пикселей изображения полученного с БПЛА (далее текущего) и изображения полученного в ГИС (далее эталонного) равна разности трансформант этих изображений, при условии, что матрица коэффициентов преобразования всегда будет иметь постоянный порядковый номер множителя.

Это можно записать следующим образом. Пусть мы имеем матрицы

отсчетов яркости элементов текущего изображения $f(x_{i,j}^T, y_{i,j}^T)$ размером $N \times N$ пикселей и эталонного изображения $f(x_{i,j}^{\mathcal{E}}, y_{i,j}^{\mathcal{E}})$, а результатом преобразования являются матрицы $N \times N$ частотных коэффициентов (трансформант) $F(i^T, j^T)$ и $F(i^{\mathcal{E}}, j^{\mathcal{E}})$ соответственно. Тогда, если:

$$F(i^T, j^T) = \frac{1}{\sqrt{2N}} C(i)C(j) \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x_{i,j}^T, y_{i,j}^T) \cos \frac{(2x_{i,j}^T + 1)i\pi}{2N} \cos \frac{(2y_{i,j}^T + 1)j\pi}{2N}$$

и соответственно

$$F(i^{\mathcal{E}}, j^{\mathcal{E}}) = \frac{1}{\sqrt{2N}} C(i)C(j) \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x_{i,j}^{\mathcal{E}}, y_{i,j}^{\mathcal{E}}) \cos \frac{(2x_{i,j}^{\mathcal{E}} + 1)i\pi}{2N} \cos \frac{(2y_{i,j}^{\mathcal{E}} + 1)j\pi}{2N},$$

то $F(i^T, j^T) - F(i^{\mathcal{E}}, j^{\mathcal{E}}) = F((i^T, j^T) - (i^{\mathcal{E}}, j^{\mathcal{E}}))$ или

$$F(i^P, j^P) = F(i^T, j^T) - F(i^{\mathcal{E}}, j^{\mathcal{E}}) = \frac{1}{\sqrt{2N}} C(i)C(j) \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{N-1} (f(x_{i,j}^T, y_{i,j}^T) \times \cos \frac{(2x_{i,j}^T + 1)i\pi}{2N} \cos \frac{(2y_{i,j}^T + 1)j\pi}{2N}) - f(x_{i,j}^{\mathcal{E}}, y_{i,j}^{\mathcal{E}}) \cos \frac{(2x_{i,j}^{\mathcal{E}} + 1)i\pi}{2N} \cos \frac{(2y_{i,j}^{\mathcal{E}} + 1)j\pi}{2N}).$$

Исходя из этого свойства, для уменьшения объемов информации хранящейся на борту БПЛА, эталонное изображение $f(x_{i,j}^{\mathcal{E}}, y_{i,j}^{\mathcal{E}})$ можно хранить в виде его трансформанты $F(i^{\mathcal{E}}, j^{\mathcal{E}})$. Это дает возможность исключить процедуру преобразования эталонного изображения на борту и, соответственно, уменьшить время, затрачиваемое на выполнение алгоритма сжатия.

Поскольку передаваемая разница трансформант $F(i^P, j^P)$ будет нести информацию о динамических изменениях в изображении (при появлении новых объектов энергия изображения будет сосредоточена в месте их появления), а информация об изменении в фоне изображения будет минимальной (при выполнении условия $f(x_{i,j}^T, y_{i,j}^T) - f(x_{i,j}^{\mathcal{E}}, y_{i,j}^{\mathcal{E}}) \rightarrow 0$, можно говорить об избыточности информации о передаваемом изображении, обусловленной наличием на принимающей стороне эталонного изображения. Если осуществлять передачу информации лишь о появившихся объектах, это позволит уменьшить объем передаваемой информации и обеспечить оперативность ее передачи. Таким образом, изложенное позволяет сформулировать следующее правило.

Любое текущее $f(x_{i,j}^T, y_{i,j}^T)$ изображение можно восстановить на прини-

мающей стороне посредством передачи разности трансформант $F(i^P, j^P)$ текущего $F(i^T, j^T)$ и эталонного $F(i^Э, j^Э)$ изображений при условии, что эталонное $\{x_{i,j}^Э, y_{i,j}^Э\}$ изображение доступно как на передающей, так и на принимающей стороне, при чем объем сжатой разницы значений пикселей $F(i^P, j^P)$ будет меньше чем объем сжатого изображения $\{x_{i,j}^T, y_{i,j}^T\}$.

Выводы. На современном этапе широкое применение в боевых действиях получили разведывательные БПЛА. Но по-прежнему остается актуальной проблема несоответствия пропускной способности каналов связи и объемов передаваемой информации. Для решения этой проблемы используются методы компактного представления информации. Переход к распределенным системам в АСУ и развитие таких информационных технологий как ГИС дают возможность при применении БПЛА в подсистеме разведки АСУВ часть операций выполнять вне их борта и привлечь к их решению значительно больше вычислительных ресурсов. Новые возможности ГИС позволяют получить с их помощью изображения участков земной поверхности приближенные к изображениям получаемым БПЛА. Таким образом, появляется необходимость передачи не всего изображения, а только тех участков, которые представляют информационную ценность. Сформулированные в статье свойство линейности и правило позволяют использовать ортогональное преобразование при обработке разницы значений пикселей текущего изображения и полученного с помощью ГИС. В результате этого объем передаваемой информации уменьшается за счет исключения неинформативных блоков изображения и малых по величине коэффициентов преобразования, что позволяет сократить время на передачу информации об изображении без значительной потери качества самого изображения.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Теорія і техніка протидії безпілотним засобам повітряного нападу* / Г.А. Дробаха, В.І. Ткаченко, В.І. Карпенко та інші. – Х.: ХВУ, 2002. – 276 с.
2. *Прэнтт У. Цифровая обработка изображений. В 2-х кн.* – М.: Мир, 1982 –. Кн. 1. – 312 с.; Кн. 2. – 480 с.
3. *Методы сжатия данных. устройство архиваторов, сжатие изображений и видео* / Д. Ватолин, А. Ратушняк и др. – М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 2002. – 384 с.
4. *Ахмед Н., Рао К. Ортогональные преобразования при обработке цифровых сигналов: Пер. с англ.* – М.: Связь, 1980. – 248 с.
5. *Вудс Р., Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений.* – М.: Техносфера, 2005. – 1072 с.

Поступила 2.11.2005

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