

УДК 621.375

ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ НА ОСНОВЕ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА ПРИ ПРОВЕДЕНИИ КРИМИНАЛИСТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Козлов В.Л.¹, Згировская Н.В.¹, Лаппо Е.А.², Ковальчук А.С.²

¹Белорусский государственный университет
Минск, Республика Беларусь

²Могилёвский институт МВД Республики Беларусь
Могилев, Республика Беларусь

Эффективным способом решения широкого спектра задач, возникающих в правоохранительной и судебно-экспертной деятельности, является использование беспилотных аэромобильных систем (далее – БАС), а также различного рода программных приложений для обработки получаемой фото- и (или) видеoinформации с установленных на них цифровых фото-, видеокамер [1]. Несомненно, что эффективность использования в правоохранительной и судебно-экспертной деятельности БАС напрямую зависят как от технических характеристик используемого в их составе беспилотного летательного аппарата (далее – БПЛА), так и установленных на нем средств объективного контроля для наблюдения и фиксации параметров окружающей обстановки, а также программных приложений для получения измерительной информации. Практическое использование БПЛА позволяет констатировать, что они обладают такими достоинствами, как мобильность, простота управления и эксплуатации, возможность эксплуатации в дневное и ночное время суток. Кроме того, передаваемое ими по каналам связи цифровое фото-, видео- изображение позволяет получать достоверную информацию в режиме реального времени. Это особенно важно в случаях, когда доступ к тем или иным объектам затруднен, связан с риском для жизни и здоровья или на момент осмотра вообще невозможен. Отличительной особенностью таких систем является возможность передачи изображения в неограниченном количестве на большие расстояния посредством компьютерных сетей, поскольку данный вид сигналов практически не подвержен искажениям [2].

Кафедрой квантовой радиофизики и оптоэлектроники Белорусского государственного университета совместно с кафедрой оперативно-розыскной деятельности факультета милиции Могилевского института Министерства внутренних дел Республики Беларусь были исследованы перспективные направления использования БПЛА гражданского назначения в деятельности правоохранительных органов и экспертных подразделений. Было получено, что для повышения точности получения измерительной информации на основе цифровых изображений, полученных с помощью беспилотного летательного аппарата для проведения криминалистических исследований, необ-

ходим учет и компенсация оптических искажений, вносимые линзой на фотоприемную матрицу. Другим источником погрешностей измерений является отклонение оптической оси фотокамеры от перпендикулярного направления к линии горизонта.

Для устранения указанных источников погрешностей было разработано программное приложение для измерения расстояний между объектами и линейных размеров объектов, по их цифровым фотографическим изображениям для производства следственных действий и криминалистических исследований. В приложении также имеется функция измерения угловых величин и радиусных закруглений. Оптические искажения, главным образом дисторсия (искривление), вносимые линзой на фотоприемную матрицу, можно компенсировать с помощью нелинейного полинома P , имеющего вид:

$$P = \sum_{n,m,k} (P_{n0}x^n + P_{0m}y^m + P_{k_1k_2}x^{k_1}y^{k_2}),$$

где P_{n0} , P_{0m} , $P_{k_1k_2}$ – экспериментально определенные калибровочные коэффициенты; $n, m = 1 \div 3$; $k_1, k_2 = 1 \div 2$; x, y – координаты точки измерений по горизонтали и вертикали. Для указанной i -той точки с координатами x_{i0} и y_{i0} для расчета расстояний используются координаты:

$$x_i = x_{i0} + P_x, \quad y_i = y_{i0} + P_y,$$

где P_x и P_y – значение полинома в точках с координатами x_{i0} и y_{i0} .

Для точного измерения расстояний между объектами и линейных размеров объектов необходимо использовать калибровочные объекты в измеряемой области. Если на БПЛА имеется система контроля установки оптической оси фотокамеры строго перпендикулярно снимаемому объекту, то требуется один калибровочный объект. Если на квадрокоптере такая система отсутствует, то для компенсации отклонения оптической оси фотокамеры от перпендикуляра к объекту съемки необходимо использовать два калибровочных объекта.

Калибровочные коэффициенты, определенные для первого K_1 и второго K_2 объектов равны и имеют вид:

$$K_1 = \frac{L_1}{l_1} = \frac{L_1}{\sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2}},$$

$$K_2 = \frac{L_2}{l_2} = \frac{L_2}{\sqrt{(x_3 - x_4)^2 + (y_3 - y_4)^2}},$$

где первый калибровочный объект имеет длину L_1 и координаты начала (x_1, y_1) и конца (x_2, y_2) ; а второй – длину L_2 и координаты начала (x_3, y_3) , конца (x_4, y_4) .

Калибровочные коэффициенты K_1 и K_2 выражают связь между размерами объекта на фотоприемной матрице в пикселях и реальными размерами объекта в пространстве (в метрах) для центра (K_1) и для края измеряемой области (K_2). Если коэффициенты равны ($K_1 = K_2$), то оптическая ось фотокамеры расположена перпендикулярно линии горизонта и можно использовать только один калибровочный объект. Если коэффициенты не равны ($K_1 \neq K_2$), то необходимо учитывать отклонение оптической оси фотокамеры от перпендикуляра к линии горизонта с помощью второго калибровочного объекта. Это осуществляется введением параметров Δ_{Kx} и Δ_{Ky} , которые показывают, как изменяется калибровочный коэффициент зависимости от координаты x (Δ_{Kx}) и от координаты y (Δ_{Ky}) на фотоприемной матрице.

Формула для определения расстояния между точками А и В в реальном пространстве с учетом изменения калибровочного коэффициента в зависимости от координат точек на матрице будет иметь вид:

$$L_{AB} = \sqrt{(x_A - x_B)^2 + (y_A - y_B)^2} \cdot [K_1 + \Delta_{Kx}(x_{K1} - x_{AB}) + \Delta_{Ky}(y_{K1} - y_{AB})]$$

Выражение для определения угла наклона α линий на изображении относительно продольной оси имеет следующий вид:

$$\alpha = \arctg\left(\frac{x_2 - x_1}{y_2 - y_1}\right),$$

где x_1, y_1 – координаты начальной точки линии, x_2, y_2 – координаты конечной точки линии.

Проведенная научно-исследовательская работа в указанном направлении позволила определить отдельные проблемные вопросы эксплуатации БПЛА PHANTOM-3SE (рисунок 1) в части получения фотоизображений и их последующей обработки специализированным программным приложением. Аналогичные БПЛА используются экспертными подразделениями Министерства внутренних дел и Следственным комитетом Российской Федерации, где доказали свою эффективность при решении задач, связанных с получением криминалистически значимой информации при производстве осмотров мест происшествий [1; 2].

Данная модель БПЛА в стандартной комплектации оснащена цифровой стабилизированной видеокамерой (размер светочувствительной матрицы – 1/2.3” с разрешением 12 мегапикселей) которая позволяет осуществлять одиночную либо серийную фотосъемку (3–5–7 кадров) в форматах JPEG и DNG (RAW), осуществлять видеосъемку в форматах MP4, MOV (MPEG-4 AVC/H.264) с разрешением изображения С4К, 4К, 2.7К, FHD и HD. Запись осуществляется на карту памяти MicroSD (скорость передачи данных – 60 Мбит/с). Предусмотрена возможность установки тепловизора.

Фотосъемка производилась с высоты 100 м, позиционирование БПЛА осуществлялось как по встроенному в него высотомеру, так и по сигналам спутниковой связи глобальной системы позиционирования – GPS. Время съемки 18 часов 50 минут (сумерки). Калибровка программного приложения производилась по измерительным квадратам, расположенным в кадре, размерами 1×1 м. Результаты фотосъемки и проведенных измерений приведены на рисунке.

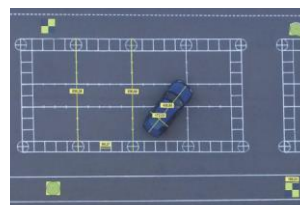


Рисунок 1

Полученные в результате обработки цифрового изображения данные свидетельствуют о том, что при высоте съемки 100 м максимальная погрешность полученных значений измеряемых объектов составляет ± 5 см и определяется физическими размерами светочувствительной матрицы цифровой видеокамеры, установленной на БПЛА, оптическими искажениями и разрешающей способностью объектива. Разработанное программное приложение, входящее в состав БАС, позволяет получить объективную измерительную информацию с величиной погрешности проводимых измерений, достаточной для нужд правоохранительной и судебно-экспертной деятельности.

Литература

1. Дашко, Л.В. Возможности использования беспилотных летательных аппаратов для фиксации обстановки на месте пожара / Л.В. Дашко, В.Д. Синюк, В.В. Пеньков // Научный портал МВД России, 2017. – № 4 (40). – С. 53–59.
2. Леоненко, Р.М. О целесообразности использования беспилотных летательных аппаратов в практике осмотров мест происшествий по делам, связанным с авиакатастрофами / Р.М. Леоненко // Вестник МГУ МВД России, 2015. – № 9. – С. 105–107.