

Мушин А.Д., Леншин А.В.
ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»
г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54а
andrey-lenshin@yandex.ru

Особенности формирования информационного образа летательного аппарата в оптическом диапазоне

Постоянное совершенствование оптико-электронных систем (ОЭС) военного назначения сопровождается неослабевающим интересом к результатам исследований оптических характеристик объектов [1]. Заметность летательных аппаратов (ЛА) в оптическом диапазоне является одним из главных факторов, влияющих на их живучесть. В боевой обстановке могут быть резко снижены возможности средств по обнаружению и распознаванию летательных аппаратов на больших и средних дистанциях. Снижение оптической заметности ЛА традиционно рассматривается как одно из направлений повышения живучести и боевой эффективности. [2]. При решении практических задач оптической заметности ЛА важное значение имеют теоретические методы исследований, которые обладают рядом преимуществ перед экспериментальными: низкими материальными и временными расходами, высокой гибкостью в задании параметров моделей, соответствующих конкретным образцам летательных аппаратов и условиям проведения экспериментов. Для оценки оптической заметности образцов вооружения, ЛА широкое применение получили компьютерные модели синтезирования фотометрических изображений [3].

На основании анализа современных средств обнаружения и поражения ЛА в видимом диапазоне длин волн разработана обобщенная структурная схема формирования (синтезирования) фотометрических изображений объекта (ЛА) в оптическом диапазоне длин волн (рисунок 1). В соответствии с данной схемой модель должна представлять собой систему взаимосвязанных моделей исследуемого ЛА, модель наблюдателя, модель источника освещения наблюдаемой сцены (оптическая модель атмосферы).



Рис. 1. Структурная схема формирования фотометрических изображений ЛА в оптическом диапазоне длин волн

На основе перечисленных моделей разработана программа синтезирования фотометрических изображений на примере вертолета МИ-8 (рисунок 2). Особенностью оптико-геометрической модели наблюдаемой сцены является то, что поверхность объектов сложной формы может быть точно аппроксимирована системой плоских многоугольных отражающих элементов. В качестве таких элементов удобно выбирать треугольники, являющиеся геометрически «жесткими» фигурами. Исходными данными для работы программы являются данные о поверхности наблюдаемого объекта (список треугольных элементов разбиения поверхности ЛА, а также площади элементов разбиения поверхности ЛА), исходные данные об источнике освещения, а также данные о положении и ориентации наблюдателя.

Площади элементов S_k , векторов нормалей к ним \vec{n}_k и радиус-векторов к центрам элементов \vec{T}_k рассчитываются на основе полученных списков точек и треугольников для каждого объекта с учетом весовых коэффициентов освещенности W_k^l и коэффициентов оптической связи, также рассчитываются значения функции пространственной освещенности модели освещения ЛА.



Рис. 2. Фрагмент программы синтезирования фотометрических изображений

Производится расчет полных потоков оптического излучения Φ_k для всех элементов поверхности и величины потоков оптических источников Φ_k^0 , попадающих от источника освещения на элементы поверхности ЛА. Итерационным методом рассчитываются значения полных потоков оптического излучения Φ_k до выполнения заданного условия, затем производится расчет значений яркости B_k и производится проецирование элементов аппроксимации ЛА (треугольников), на плоскость наблюдения – β .

Адекватность разработанной модели синтезирования изображений ЛА оценивалась на основе сравнения результатов натурных измерений с результатами моделирования.

Погрешность синтезированных изображений ЛА оценивалась с помощью соотношения

$$\Delta \varepsilon_{\text{ош}}^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{(B_i^{\text{ЭТ}} - B_i^{\text{СИНТ}})^2}{B_{\Phi}^2}, \quad (1)$$

где $B_i^{\text{ЭТ}}$, $B_i^{\text{СИНТ}}$ – яркости эталонного и синтезированного изображений соответственно; B_{Φ} – яркость фона.

Усредненные результаты сравнительного анализа синтезированных изображений относительно изображения, полученного видеокamerой, показали, что ошибка построения изображений с помощью компьютерной модели составляет порядка 15...20 %. Например, для синтезированного изображения Су-27М ошибка $\Delta \varepsilon_{\text{ош}}^2 = 0,167$.

Литература

1. Оптическая заметность летательных аппаратов: монография / В.А. Понькин и др.; под ред. В.А. Понькина и Э.В. Петещенкова. – Воронеж: ИПЦ «Научная книга», 2015. – 553 с.
2. Леньшин А.В. Бортовые системы и комплексы радиоэлектронного подавления. – Воронеж: ИПЦ «Научная книга», 2014. – 590 с.
3. Леньшин А.В., Зиброва Н.В., Кравцов Е.В. Алгоритм синтезирования фотометрических изображений летательных аппаратов // Опτικο-электронные приборы и устройства в системах распознавания образов и обработки изображений. Распознавание – 2021: сб. материалов XVI Международной научно-технической конференции. – Курск: ЮЗГУ, 2021. – С. 157–158.