

Принципы построения автоматизированных систем наблюдения и анализа изображений для беспилотных летательных аппаратов

Principles of automated surveillance and image analysis systems for unmanned aerial vehicles

Ключевые слова: летательный аппарат – aircraft; система наблюдения – surveillance; тепловой портрет – thermal portrait; распознавание образов – pattern recognition.

В настоящем научном обзоре дается описание принципов функционирования элементов автоматизированной системы наблюдения и анализа изображений на примере тепловизионных систем, анализ путей повышения эффективности методов распознавания объектов на формируемом изображении.

This scientific review describes the principles of operation of automated surveillance and image analysis systems elements on the example of thermal imaging systems, analysis of ways to improve the methods of detecting objects in the formed image.

По мере усложнения аппаратуры управления летательными аппаратами (ЛА), увеличения скорости и уменьшения высоты полета все возрастающую отрицательную роль начинает играть так называемый «человеческий фактор». Пилот или оператор управления все чаще оказывается в ситуации, при которой физических и психических возможностей человека бывает не достаточно для своевременного принятия решения в сложной полетной ситуации. В таких случаях пилоту или оператору приходят на помощь автоматические и автоматизированные информационные системы, позволяющие своевременно оценить возникшую проблему или опасность, в которой оказался ЛА, и даже предсказать ее возникновение. В зависимости от назначения такие информационные системы бывают системами, обрабатывающими данные в реальном масштабе времени, и системами, выполняющими накопление данных (например, результаты аэрофотосъемки) для последующей обработки этих данных.

МАКАРЕНКО / MAKARENKO A.

Александр Александрович

(a_makarenko@mail.ru)
доцент, кандидат технических наук,
доцент кафедры Физики и техники оптической связи
(ФиТОС) Санкт-Петербургского Национального
Исследовательского Университета Информационных
Технологий (НИУ ИТМО),
Санкт-Петербург

КАРМАНОВ / KARMANOV A.

Андрей Геннадьевич

(karmanov.nip@gmail.com)
доцент, кандидат технических наук,
заместитель зав. кафедрой Геоинформационных
систем (ГИС) Санкт-Петербургского Национального
Исследовательского Университета Информационных
Технологий (НИУ ИТМО),
начальник Центра ситуационного анализа
ЗАО «Институт телекоммуникаций»,
Санкт-Петербург

ТАРАКАНОВ / TARAKANOV S.

Сергей Александрович

(k.v.tarakanov@gmail.com)
кандидат технических наук,
директор Центра медицинского, экологического
приборостроения и биотехнологий (ЦМЭПиБТ)
Санкт-Петербургского Национального
Исследовательского Университета Информационных
Технологий, Механики и Оптики (НИУ ИТМО),
Санкт-Петербург

Одной из основ построения такой информационной системы чаще всего является оптоэлектронное устройство наружного обзора и распознавания окружающих ЛА объектов. Чаще всего наблюдение окружающего пространства ведется в видимом диапазоне спектра, хотя в некоторых случаях применяется и тепловизионная аппаратура, ведущая наблюдение в инфракрасном диапазоне спектра [1].

Аппаратура инфракрасного диапазона применяется и для наблюдения, и для измерения

ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

геометрических и качественных характеристик объектов. Измерение и анализ характеристик объектов может выполняться автоматически исключительно самой системой наблюдения, если речь идет, например, о беспилотном летательном аппарате (БЛА), самостоятельно формирующим параметры и направление своего полета. Подобное наблюдение и анализ может выполнять и оператор, получающий по линии связи текущее изображение (ТИ) от тепловизионной и/или телевизионной камеры, установленной на борту дистанционно управляемого ЛА.

Участие оператора в процессе наведения БЛА на объект обычно ограничивается только выбором объекта или переориентацией БЛА с одного объекта на другой в случае множества объектов в зоне наблюдения. Переориентация может быть выполнена в реальном масштабе времени по результатам анализа наблюданного теплового портрета объекта (или по какими-либо другим объективным или субъективным причинам). Оператор сравнительно легко справляется с такой задачей, поскольку обычно располагает опытом и достаточной для принятия решения информацией о наблюдаемых объектах и о параметрах полета БЛА. Для системы самонаведения БЛА осмысленная переориентация с одного объекта на другой чаще всего является трудновыполнимой задачей, т. к. из-за ограниченных интеллектуальных возможностей бортовой аппаратуры в полетное задание БЛА обычно вводится координаты и эталонное изображение только одного объекта.

Поскольку наблюдателем теплового портрета объекта чаще всего является аппаратура наведения, а не человек-оператор, остановимся только на некоторых принципах построения и функционирования элементов автоматизированной системы наблюдения и анализа текущего теплового (телевизионного) изображения, формируемого тепловизионной (телевизионной) камерой.

Для наблюдения тепловых портретов объектов на БЛА устанавливаются тепловизионные системы с матричными датчиками двух основных видов: принудительно охлаждаемые криогенной машиной и болометрические неохлаждаемые. Выбор типа тепловизионного датчика обуславливается режимами работы, характеристиками целей, условиями съемки, а главное – требуемыми параметрами формируемого теплового изображения. От качественных характеристик теплового изображения зависит эффективность автоматического опознавания и измерения параметров объектов на формируемом тепловизионной системой изображении. Изображение должно характеризоваться возможно более высокой разрешающей способно-

стью, высоким контрастом и возможно меньшим уровнем шумов на этом изображении. Эти требования соответствуют стремлению получить более детальное, т.е. более информативное изображение.

К наиболее распространенным в настоящее время методам распознавания образов на изображении относятся корреляционно-экстремальный метод (КЭМ), статистический, структурный и метод геометрических инвариантов (МГИ) [2,3,4].

В соответствии с КЭМ решение задачи распознавания какого-то образа на изображении реализуется путем вычисления взаимнокорреляционной функции изображения искомого эталона (эталонного изображения – ЭИ) и всего ТИ. В случае, когда на ТИ будет обнаружен объект, близкий по геометрическим и контрастным характеристикам к эталону (ЭИ), в этом месте изображения будет зафиксирован максимум корреляционной функции. Будет ли этот максимум локальным или глобальным определяется тем, насколько близки по содержанию фрагмент изображения и эталон, а также, присутствуют ли еще где-либо на изображении фрагменты, похожие на эталон. КЭМ используется для распознавания образов достаточно широко, однако этому методу присущи следующие серьезные недостатки:

- чувствительность метода к несоответствию масштаба эталона и анализируемых фрагментов изображения (для обеспечения наибольшей достоверности анализа ТИ масштабы ЭИ и элементов ТИ должны быть одинаковыми);

- чувствительность метода к наличию проективных искажений в анализируемом изображении (изображение эталона такого рода искажениям обычно не подвергнуто);

- чувствительность метода к наличию несоответствия контрастных характеристик элементов ТИ (реальный тепловой контраст объекта по отношению к фону и реальный тепловой контраст между отдельными элементами объекта) по сравнению с «идеальными» контрастными характеристиками ЭИ;

- чувствительность метода к воздействию степени зашумленности ТИ на качество распознавания образов на этом изображении;

- большой объем вычислений, что является проблемой при реализации в бортовом вычислителе.

Некоторые авторы считают достоинством КЭМ тот факт, что для распознавания используется само ТИ, а не его признаковое представление [2].

Распознавание элементов изображения в соответствии со статистическим методом основано на сопоставлении некоторых статистических характеристик фрагментов изображения

эталона (например, дисперсия, математическое ожидание и гистограмма) с соответствующими статистическими характеристиками фрагментов ТИ, содержание которых делается попытка определить. Статистический метод распознавания образов особенно удобен при анализе текстур, покрывающих участки изображения, а также для уточнения деталей ранее опознанных объектов на исходном изображении.

Структурные методы распознавания образов на ТИ базируются на сопоставлении определенных признаков и характера связей этих признаков между собой на ЭИ с соответствующими характеристиками анализируемого ТИ. Примером использования структурного метода может быть сопоставление представленного в виде цепного кода [3] описания контурного эталона с представленными аналогично описаниями элементов ТИ. Достоинством структурных методов распознавания может считаться их небольшая зависимость от взаимных геометрических характеристик между изображениями эталона и исходным анализируемым ТИ. По мнению авторов, главный недостаток структурных методов распознавания заключается в высокой степени субъективности оценки соответствия эталона и фрагментов исходного изображения, поскольку структурные признаки обычно формулируются разработчиками системы распознавания образов на основе субъективных мнений и степени их профессиональной подготовки.

Метод геометрических инвариантов (МГИ) базируется на применении геометрических эталонов распознаваемых объектов. Этим МГИ аналогичен КЭМ. Отличие заключается в методике сопоставления геометрических характеристик эталона и фрагментов анализируемого изображения: по МГИ сопоставление ведется не по целостному образу эталона и фрагмента ТИ, а путем сопоставления отдельных геометрических признаков эталона и фрагмента ТИ. К таким признакам относятся в частности относительные значения протяженности линий, принадлежащих эталону и соответствующих линий, принадлежащих фрагменту, значения отношения площади какой-либо области эталона и фрагмента ТИ к суммарной длине ее контурной линии (т.е. к инвариантным величинам). Основная сложность применения МГИ заключается в сложности правильного выбора инвариантных характеристик эталона и фрагментов анализируемого изображения.

Один из основных путей повышения эффективности работы системы распознавания объектов (образов) на изображении – это противошумовая обработка наблюдаемого ТИ. Понижение уровня

глобальных и локальных шумов на анализируемом изображении, выполняемое различными методами (накопление изображения, двумерная и многомерная линейная и нелинейная фильтрация и т.д.) или их комбинациями, в настоящее время достаточно широко применяется для решения такой задачи.

По итогам рассмотрения различных применяемых в настоящее время методов распознавания образов на изображении, формируемом бортовой тепловизионной системой ЛА, можно сделать вывод, что все описанные в настоящей статье методы имеют ограниченную эффективность ввиду влияния степени зашумленности ТИ на качество распознавания образов на этом изображении. В качестве основного способа повышения эффективности данных методов может быть применена противошумовая обработка наблюдаемого ТИ.

Литература

1. Плойд Дж. Системы тепловидения. – М.: Мир, 1978. – 414 с.;
2. Левшин В.Л. Обработка информации в оптических системах пеленгации. – М.: Машиностроение, 1987. – 168 с.;
3. Павлидис Т. Алгоритмы машинной графики и обработки изображений. / Пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1986. – 400 с.;
4. Иванов В.П., Батраков А.С. Трехмерная компьютерная графика. / Под ред. Г. М. Полищука. – М.: Радио и связь, 1995. – 224 с.