

ЭКСПЕРТНАЯ СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

© 2016 г. П.К. ГЕРАСИМОВ, Д.А. ЕГОРОВ

Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых
e-mail: gerasimov.pk@gmail.com

Введение

В настоящее время наблюдается рост рынка малых БПЛА гражданского назначения, применяемых как в различных сферах бизнеса, так и государственными структурами, так и частными лицами. Все сильнее увеличивается доля фотографов, оказывающих услуги аэросъемки с помощью БПЛА и становится все меньше инженеров-пилотов. Пилоты являются профессионалами в области фотовидеосъемки, но не радиотехники и электроники.

Закономерным следствием является то, что при возникновении внештатных ситуаций пилот рискует спровоцировать аварию, неверно истолковав признаки неисправностей. Возникает необходимость в системе автоматической диагностики БПЛА. В работе рассмотрено формирование экспертной системы на основе полетных логов

В рамках работы проанализировано 4300 уникальных полетов, выделены наиболее частые ошибки и их причины.

Выделение факторов и параметров

Рассмотрим параметры БПЛА на примере массового аппарата - DJI Phantom 3. В его полетных логах доступны следующие данные: координаты, горизонтальная и вертикальная скорость, показания GPS, барометра, магнетометра, акселерометра, уровень заряда, ток, напряжение на ячейках батареи, положение навесного оборудования (стабилизатора с камерой) и т.д., всего 79 параметров. факторы обновляются с частотой 10 Гц на протяжении всего полета.

В качестве факторов также могут выступать агрегатные значения, например «5 последних значений фактора» или «скорость изменения значения фактора».

В качестве параметров выступают проблемы, о наступлении которых говорит та или иная совокупность факторов. Одному параметру может соответствовать несколько комбинаций факторов.

В рамках подобной экспертной системы важно не только установить факт наступления проблемы, но также и понять, какие факторы к ней привели, чтобы устранить их действие. Иными словами, экспертная система должна не только определить состояние объекта, но и дать рекомендации по его улучшению.

Подробно разберем наиболее критичные проблемы, ведущие к аварийной ситуации.

Быстрая разрядка аккумулятора

Напряжение между отдельными секциями аккумулятора может отличаться. Пороговое значение находится на уровне 100 mV, при его достижении могут начаться проблемы с аккумулятором, вплоть до его быстрой просадки или отключения (рис. 1). Это одни из наиболее критичных ошибок, В данной ситуации в качестве фактора предлагается использовать девиацию, а в качестве параметра будет выступать признак наступления критического состояния.

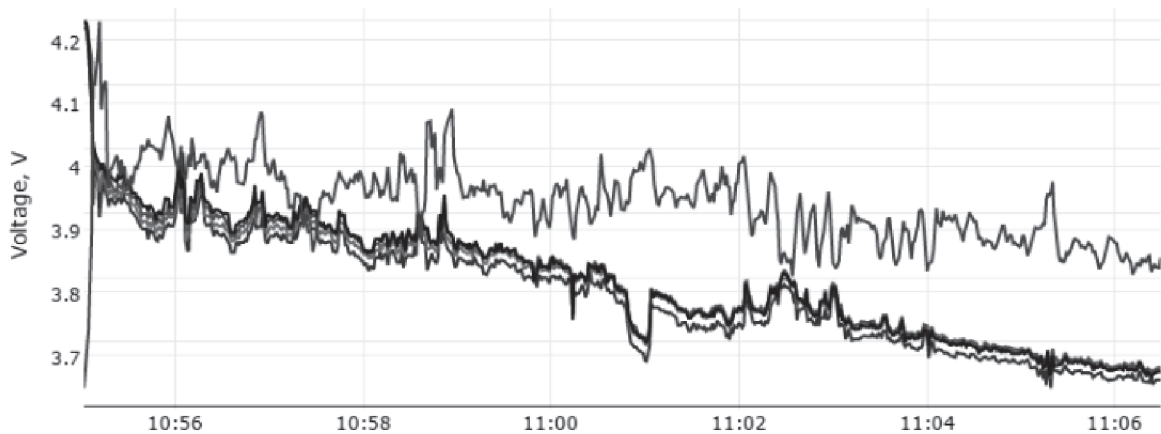


Рис. 1. Динамика изменения девиации напряжения между секциями аккумулятора в течении полета.

Потеря связи

Аналогично иллюстрируется проблема с потерей связи (рис. 2). Также является критичной ошибкой, так как БПЛА, потерявший связь с устройством управления, может не закончить полет в штатном режиме в случае отказа системы автономного полета.

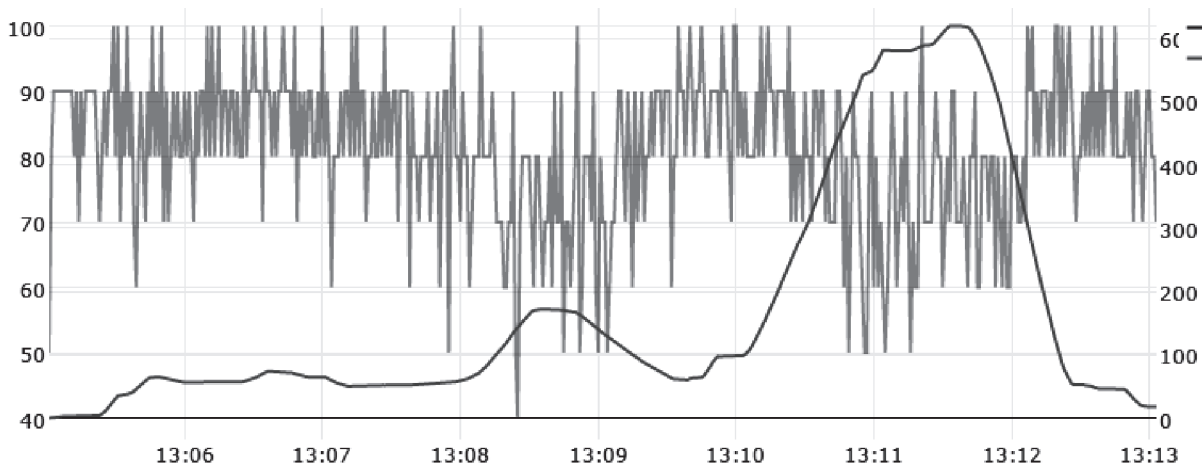


Рис. 2. Исследование зависимости уровня сигнала от дистанции.

Как показывают данные полетов, для определения проблемы с уровнем сигнала нужно использовать ряд факторов. Во-первых, это дальность полета d . При большой дальности связь ухудшается. Во-вторых, функция $b(lat, long)$ от координат, показывающая признак нахождения среди массива зданий, которые могут заслонять аппарат. В-третьих, функция $v(lat, long)$ от координат, показывающая признак полета вертикально над местом запуска (что может свидетельствовать о неправильной направленности антенн при плохом уровне сигнала)

В качестве примеров также можно привести ошибки барометра, компаса, GPS, ошибки акселерометра, а также ряд внутренних признаков, обрабатывающихся на уровне полетного контроллера (фиксация вибрации, перепад напряжения и т.д)

Формализация задачи построения экспертной системы

Рассмотрим множество факторов

$$X = \{ x_1, x_2, \dots, x_N \}, \quad (1)$$

где x_i – фактор, оказывающий влияние на конечное определение ошибки;

множество агрегатов

$$A = \{ a_1(x_i, x_k, \dots, x_m), \dots, a_k(x_i, x_k, \dots, x_m) \}, \quad (2)$$

где $a_i()$ – агрегирующая функция с переменным числом аргументов, в качестве которой может выступать любая значимая в рамках предметной области функция (определение положения аппарата относительно пульта управления, определение положения аппарата относительно ландшафта и т.д.);

множество параметров (рассматриваемых как признаки нахождения БПЛА в том или ином состоянии)

$$Y \{ y_1, y_2, \dots, y_N \}, \quad (3)$$

где y_i – булевы взаимоисключающие параметры;
множество предикатов

$$P = \{ p_1(x_j, \dots, a_1(x_i, x_k, \dots, x_m), \dots, y_k), \dots \}, \quad (4)$$

где p_i – предикат, истинный в случае если при значениях указанных факторов и агрегирующих функций аппарат находится в состоянии y_k . Один предикат устанавливает значение только одного параметра.

Таким образом, задача построения экспертной системы сводится к формированию набора предикатов в контексте, описанном в предыдущем разделе, для определения условий, при которых исследуемый аппарат находится в каждом из выявленных состояний

Наполнение базы знаний должно производиться в ходе интервьюирования экспертов и проведения многокритериальной экспертной оценки. В ходе интервьюирования экспертам предлагается оценить численные значения критериев из множеств X , A , при которых значения Y будут истины. Иначе говоря, выявить, при каких значениях факторах и агрегирующих функций будут наступать те или иные состояния

Заключение

По предложенной методике в ходе работы была построена экспертная система, с помощью которой обработано 4300 уникальных полетов. В разных выборках (в зависимости от модели БПЛА, серии, версии прошивки) количество полетов с выявленными проблемами составило от 20% до 30%. При ручном анализе контрольной выборки данные подтвердились в 79% случаев. В остальных случаях сделан вывод о необходимости введения дополнительных агрегирующих функций, которые не были учтены при первичном анализе.

Разработанную экспертную систему предлагается использовать для поддержки в обучении системы автоматической диагностики на нейронных сетях

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Гаврилова Т.А.* Базы знаний интеллектуальных систем / Т.А. Гаврилова, В.Ф. Хорошевский Санкт-Петербург,-Питер.- 2001 г.
2. *Попов Э.В.* Статические и динамические экспертные системы / Э.В. Попов, И.Б. Фоминых, Е.Б. Кисель, М.Д. Шапот Москва, Финансы и статистика.- 1996 г.
3. *Башмаков А.И.* Интеллектуальные информационные технологии. / И.А.Башмаков М.:МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005.