

Оценка максимально допустимого времени применения сложного объекта по назначению

Заковряшин А.И.*, Кошелькова Л.В.

*Московский авиационный институт (национальный
исследовательский университет), МАИ, Волоколамское шоссе, 4,
Москва, А-80, ГСП-3, 125993, Россия*

**e-mail: zai999@mail.ru*

Аннотация

По результатам прогнозирования оценивается максимально допустимое время применения объекта по назначению, расчеты выполнены по выборкам малого объема, однотипные объекты ранжируются по остаточному запасу работоспособности.

Ключевые слова: допустимое время применения объекта по назначению, индивидуальное прогнозирование параметров по малой выборке, остаточный запас работоспособности, количественные оценки технических состояний.

Введение

Учитывая постоянное совершенствование компонентов летательных аппаратов (ЛА) (мощность двигателя, аэродинамика, бортовое оборудование, вооружение и т. д.) и

ограниченные психофизиологические возможности экипажа, повышение эффективности летательного аппарата может быть существенным только за счет внедрения элементов искусственного интеллекта [1].

Если рассматривать полет ЛА как процесс выполнения поставленной задачи, то его можно расчленить на совокупность типовых ситуаций (ТС). Процесс начинается с получения полетного задания. Первой ТС является подготовка к вылету, включающая анализ всей имеющейся априорной информации, оптимизацию маршрутов, выбор вариантов решения тактических задач и подготовку всех видов документов. Последующими ТС являются: взлет, навигация, ввод/вывод ЛА в заданную точку пространства, ближний и дальний бои, посадка и анализ результатов полета.

В теории искусственного интеллекта учитываются как состояние внешней среды, так и состояние компонентов объекта. Техническое диагностирование объектов ЛА является актуальной задачей, которая реализуется в различных типовых ситуациях полета. В современных интеллектуальных информационных системах ЛА [1] используются бортовые оперативные советующие экспертные системы (БОСЭС) типовых

ситуаций. Они вырабатывают рекомендации летчику по решению текущих задач.

Практический интерес представляет задача оценки максимально допустимого времени применения сложного объекта по назначению.

Постановка задачи

На ЛА имеется ряд систем, каждая из которых включает группу объектов. Предположим, что часть объектов является однотипными. Требуется оценить максимально допустимое время применения каждого объекта по назначению. Если максимально допустимые времена применения нескольких однотипных объектов совпадают, то необходимо их ранжировать по остаточному ресурсу (остаточному запасу работоспособности).

Особенностями постановки задачи являются:

- наличие системы технического диагностирования на обслуживаемом объекте или распределенной сенсорной сети;
- предполагается, что диагностическая среда обладает вычислительным ресурсом, позволяющим обрабатывать вновь поступающую измерительную информацию совместно с имеющейся априорной;

- обработка информации строится с использованием малых выборок (менее десяти измерений).

Исходные данные

Техническое состояние сложного объекта зависит от состояний его существенных параметров. По каждому из параметров имеется измерительная и априорная информация. Бортовые средства технического диагностирования современных ЛА позволяют измерять значения существенных параметров в заданные моменты времени. Совокупности значений моментов времени выполнения измерений и измеренных значений существенных параметров в эти же моменты времени представляются векторами. Точность выполнения измерений значений существенных параметров определяется погрешностями соответствующих измерительных трактов диагностической системы и они учитываются при обработке данных.

Априорная информация по объекту может быть получена из имеющейся технической документации по объекту, либо из накопленных в результате обработки статистических данных. В частности, изучение технической документации позволяет выявить существенные параметры объекта, определить типы их

полей допусков и уточнить значения границ и номинальных значений. Обработка статистических данных по параметрам объекта позволяет обоснованно выбрать математическую модель случайной последовательности, уточнить свойства квази детерминированной и случайной компонент. В первом случае определяется форма аппроксимирующего (прогнозирующего) полинома, во втором - форма плотности распределения случайного компонента с оценкой параметров.

Алгоритм решения задачи

Укрупненный алгоритм включает следующие этапы:

1. Уточнение исходных данных, предполагающее выявление существенных параметров заданного объекта, сбор, накопление и предварительная обработка измерительной и априорной информации по существенным параметрам и по объекту в целом;

2. Индивидуальное сглаживание случайной последовательности.

Исходными данными является измерительная и априорная информация по параметру, представленному исследуемой случайной последовательностью.

Измерительной информацией по параметру является:

- вектор значений моментов времени выполнения измерений существенного параметра;
- вектор результатов измерений существенного параметра;
- объем выборки определяется количеством измеренных значений обрабатываемой случайной последовательности, хранящейся в памяти.

Априорной информацией по параметру является:

- вид аппроксимирующего полинома (с целыми / вещественными степенями или гибридный вариант);
- количество слагаемых полинома;
- диапазон изменения значений коэффициентов полинома;
- ковариационная матрица обрабатываемой случайной последовательности.

Требуется рассчитать вектор математических ожиданий и ковариационную матрицу погрешностей оценок коэффициентов аппроксимирующего полинома для заданного набора значений моментов времени. Полученные при этом результаты в дальнейшем будут использованы при формировании плотностей распределений для заданных прогнозируемых значений моментов времени.

Решение включает:

- формирование вспомогательной матрицы с использованием значений моментов времени выполнения измерений;
- вычисление ковариационной матрицы погрешностей коэффициентов сглаживающего полинома на основе теоремы переноса ошибок;
- вычисление вектора оценок математических ожиданий коэффициентов сглаживающего полинома.

3. Индивидуальное прогнозирование случайной последовательности.

Исходные данные представляются измерительной и априорной информацией по параметру (см. п.2), а также вектором моментов времени прогнозирования и выбранным прогнозирующим полиномом. В частном случае аппроксимирующий и прогнозирующий полиномы могут совпадать.

Требуется рассчитать оценки параметров плотностей распределений для заданных прогнозируемых значений моментов времени.

Формируется вспомогательная матрица с использованием прогнозируемых значений моментов времени.

Рассчитываются:

- вектор оценок математических ожиданий предсказываемых значений;
- ковариационная матрица погрешностей предсказываемых значений, диагональные элементы которой являются дисперсиями [2].

Известно, что чем меньше объем выборки (измерительной информации), тем больший объем априорной информации необходим для достижения приемлемой точности. Систематизация алгоритмов индивидуального прогнозирования по объему учитываемой при обработке априорной информации приведена в [3].

4. Расчет максимально допустимого времени применения объекта по назначению с одним существенным параметром. Для каждого существенного параметра объекта задаются значения границ поля допуска и номинальное значение. Для рассчитанной плотности распределения существенного параметра в каждый заданный прогнозируемый момент времени рассчитываются вероятности выхода параметра за границы полей допусков. При этом вероятность не должна превышать заданный уровень.

5. Определение максимально допустимого времени применения объекта по назначению с несколькими существенными параметрами.

За максимально допустимое время применения объекта по назначению принималось минимальное значение времени из группы оценок $\{T_{1\max/\text{доп.}}, T_{i\max/\text{доп.}}, T_{k\max/\text{доп.}}\}$, где $T_{i\max/\text{доп.}}$ – максимально допустимое время применения i - го ($1 \leq i \leq k$) существенного параметра объекта по назначению, рассчитанное для фиксированного значения момента времени прогнозирования.

Найденный таким образом момент времени рассматривается как максимально допустимое время применения объекта по назначению.

6. При получении новых измеренных значений параметров оценка максимально допустимого времени применения объекта по назначению уточняется.

7. Ранжирование однотипных объектов по остаточному ресурсу работоспособности. Для максимально допустимых времен применения всех существенных параметров по назначению рассчитываются количественные оценки технических состояний [4]. Ранжированные по количественным оценкам технических состояний результаты позволяют рекомендовать обоснованную последовательность применения однотипных объектов по назначению.

8. Полученные результаты предоставляются лицу, принимающему решения, либо вводятся в бортовую оперативную советующую экспертную систему поддержки принятия решений.

Выводы

1. В современных ЛА постоянно возрастает значимость интеллектуального компонента авиационного комплекса.
2. Постоянно повышается роль технического диагностирования как окружающей среды, так и состояния компонентов ЛА.
3. Вычислительный ресурс диагностической среды позволяет оценить максимально допустимое время применения объекта по назначению и ранжировать однотипные объекты ЛА по остаточному ресурсу работоспособности.
4. Результаты могут найти применение:
 - при принятии решений бортовой оперативной советующей экспертной системой;
 - при ранжировании однотипных объектов по уровню остаточной работоспособности перед применением их по назначению;
 - при техническом обслуживании и ремонте аппаратуры;
 - в «умных» средах/системах/производствах [6].

Библиографический список

1. Федунев Б.Е. Бортовые оперативно-советующие экспертные системы типовых ситуаций полета летательного аппарата // Искусственный интеллект. 2002. №4. С 84 – 93.
2. Худсон Д. Статистика для физиков.- М.: Мир, 1967. -242с.
3. Заковряшин А.И. Конструирование радиоэлектронной аппаратуры с учетом особенностей эксплуатации. – М.: Радио и связь, 1988. –120с.
4. Заковряшин А.И. Метод количественных оценок технических состояний сложных систем // Труды МАИ, 2014, № 72: <http://www.mai.ru/science/trudy/published.php?ID=47270>
5. Воронцов В.А., Федоров Е.А. Разработка прототипа интеллектуальной системы оперативного мониторинга и технического состояния основных бортовых систем космического аппарата // Труды МАИ, 2015, № 82: <http://www.mai.ru/science/trudy/published.php?ID=58817>
6. «Умные» среды, «умные» системы, «умные» производства // Серия докладов в рамках проекта «Промышленный и технологический форсайт Российской Федерации». Санкт-Петербург, 2012, № 4, 62с.