

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ ПИЛОТАЖНО-НАВИГАЦИОННОГО КОМПЛЕКСА

Основу формальных методов построения программ контроля технического состояния объектов пилотажно-навигационного комплекса (ПНК) составляют математические модели объектов контроля и диагностики.

При этом математические модели, учитывающие разбиение системы на блоки по конструктивному или функциональному признаку, чрезвычайно важны в связи с решением задач контроля работоспособности и локализации неисправностей.

Задачи построения аналоговых математических моделей исследованы и решены в значительно меньшей степени, чем для дискретных систем. Чаще всего (и во многих случаях очень эффективно) используются двузначные логические модели. Известные методы анализа можно разделить на аналитические, связанные с «формульным» представлением модели объекта, и структурные, работающие с моделью, заданной в виде структуры объекта. Как в аналитических, так и в структурных методах анализ поведения модели может осуществляться по прямым и обратным функциям компонентов модели.

В области анализа моделей агрегатов и систем ПНК основной задачей является поиск и разработка эффективных по объёмам вычислений методов и алгоритмов анализа. Особенно важно решение этой задачи для таких структурных конечных автоматов, как автоматические бортовые системы управления. Разработку новых математических моделей отдельных вычислительных блоков или агрегатов следует проводить с одновременным рассмотрением методов их анализа.

В общем случае контроль технического состояния объекта подразумевает подачу на объект управляющих воздействий и оценку ответных реакций объекта на них.

Формальные основы представления структуры ПНК как объекта технического обслуживания и ремонта являются базой для оценки его технического состояния. Построение моделей агрегатов и систем ПНК должно базироваться на таких понятиях как динамическая оценка технического состояния и упреждающая технология поддержания лётной годности.

В настоящее время начинаются разработки более совершенных моделей оценки технического состояния сложных технических систем и агрегатов ПНК. Для построения диагностических тестов используется теория образов и структурные методы, что

позволяет разрабатывать процедуры контроля не только для отдельных систем, но и для бортового комплекса в целом.

Развитие информационных технологий даёт основание рассматривать структурные методы теории распознавания образов в качестве ближайшей реальной перспективы совершенствования диагностики состояния систем летательного аппарата

Как правило, составные блоки и агрегаты ПНК являются сложными объектами. Поэтому для оценки их состояния и, как следствие, наличия или отсутствия неисправностей требуются такие последовательности диагностических тестов T_k , в которых индекс s характеризует длину последовательности, а разрешающая способность связана с объёмом выдаваемой информации. Обработка этой информации (данных диагностического тестирования) позволяет, с одной стороны, оценить состояние объекта, а с другой – обнаружить неисправность, т.е. указать место неисправности с достаточной точностью, чтобы произвести ремонт. Обе задачи решаются на базе исходного множества диагностических признаков для объекта ПНК.

В оценке состояния отдельного блока можно выделить три основных этапа.

На первом этапе, исходя, главным образом, из теоретических представлений о диагностируемом блоке, формируется «черновой» вариант теста. Он включает в себя задания – набор входных воздействий и реакции на них, отражающие состояние оцениваемого объекта (конструкта). Этот этап является мало формализуемым.

На втором этапе работы проводятся с конкретной диагностической моделью и определяются ее параметры. Здесь под диагностической моделью понимается способ компоновки (преобразования, агрегирования) исходных диагностических признаков (вариантов реакций на задания теста) в диагностический показатель. Таких способов может быть бесконечное множество.

Первичным материалом для нахождения параметров диагностической модели являются данные экспериментального обследования «черновым» вариантом диагностического теста репрезентативной выборки диагностируемого блока. Результаты обследования сводятся в таблицу экспериментальных данных типа объект – признак. Основными категориями, характеризующими структуру экспериментальных данных и использующимися для определения различными методами параметров диагностической модели, служат категории сходства и различия строк и столбцов (объектов и признаков) таблицы экспериментальных данных. Для определения параметров диагностической модели используются две стратегии эмпирико-статистического анализа данных.

Первая стратегия основывается на критерии автоинформативности эксперимен-

тальных данных, которая подразумевает, что диагностическую модель блока можно непосредственно определить путем аппроксимации геометрической структуры множества состояний этого блока в пространстве исходных признаков. Хорошую линейную диагностическую модель (линейную аппроксимацию) удаётся построить, когда значительная часть исходных признаков отличается высокой взаимосвязанностью (внутренней согласованностью), а остальные признаки не могут конкурировать с этим согласованным влиянием на структуру данных. Если внутренняя согласованность обусловлена отражением требуемого технического конструкта, то параметры линейной диагностической модели (веса признаков) даёт метод главных компонент. Если множеству исходных признаков принадлежит несколько групп взаимосвязанных признаков, то одну или сразу несколько диагностических моделей можно получить, используя методы факторного анализа. И, наконец, полезные практические результаты даст метод контрастных групп, в котором используется эффект повышения внутренней согласованности («черновой») версии линейной диагностической модели.

Вторая стратегия определения параметров диагностической модели основана на привлечении и активном использовании дополнительной обучающей информации о диагностируемом свойстве исследуемых систем и агрегатов ПНК. Критерии, по которым формируется исходная информация, называются критериями внешней информативности или внешними критериями. Главными представителями методов, опирающихся на внешние критерии, являются методы регрессионного и дискриминантного анализа.

На третьем этапе проводится стандартизация и испытания построенной диагностической модели.

Представление информации о структуре экспериментальных данных по отдельным блокам ПНК посредством матриц связей признаков S и близостей (удаленностей) объектов D служит промежуточным звеном в процессе построения диагностических моделей различного типа. Однако широкое распространение получили модели линейного типа ввиду их наибольшей простоты и понятности при решении задач моделирования сложных технических комплексов.

Представление агрегатов и систем ПНК связано с изучением характеристик реальных физических объектов для построения их математических моделей, которые составляют основу формальных методов конструирования программ контроля агрегатов и систем ПНК для оценки их технического состояния, а также построения диагностических комплексов для реализации этих программ

В процессе разработки и исследования математических моделей ПНК с целью оценки их технического состояния решаются следующие задачи:

1. Разработка метода представления для построения математических моделей агрегатов и систем ПНК.
2. Разработка методов и алгоритмов анализа моделей этих агрегатов и систем.
3. Разработка методов и алгоритмов синтеза измеряемых параметров с учетом требований оценки их технического состояния

Слабо исследованными или даже нерешёнными являются задачи построения универсальных моделей, учитывающих представление ПНК как подробно разнообразную сеть в соответствии с их фундаментальными свойствами и назначениями. Это требует совершенствования организации в рамках новых типов пространств, а также моделей блочного типа, в которых блоки и модули являются конструктивными или функциональными компонентами объекта, что характерно для систем ПНК.

В качестве нового типа пространств, наполненных новыми физическими (геометрическими) объектами (компоненты агрегатов и систем ПНК) рассматривается «пространство-структура». Это пространство и объекты, существующие в нем, порождаются соединениями их простых компонентов, которые связаны с группой преобразования. Структура таких пространств зависит от типов компонентов, модулей и блоков.

Для решения всего комплекса задач моделирования ПНК приходится иметь дело более чем с одним пространством-структурой и, как следствие, более чем с одной частной системой координат, каждая из которых связана со своим пространством-структурой.

Каждый агрегат или система ПНК представляет собой свою структуру в виде локальных образований (образующих компонент) и в виде связей, которые реализованы физически посредством проводников и микросхем. Для общего представления этих компонентов выбрано сложное пространство-структура, состоящее из подпространств $S_q \cup M_q$, каждое из которых содержит континуальную S_q и дискретную M_q части.

В теории представлений агрегатов и систем ПНК введение сложного пространства-структуры, состоящего из различных видов подпространств-структур, комбинаторная топология и тензорная методология рассматриваются как удобный набор взаимно и однозначно самосогласованных математических формализмов, предназначенных для решения уравнений, определяющих связь между подпространствами-структурами-преобразованиями и компонентами. В качестве фундаментального уравнения исполь-

зается зависимость между сильными компонентами графа $G = (A^0, \Sigma)$ объекта или системы ПНК, представляемыми порожденными подграфами

$$G' = \{A^0 - R(a_i^0) \cap Q(a_i^0)\},$$

где A^0 – множество точек, Σ – множество всех допустимых соединений, $R(a_k^0)$ – достижимые множества точек $a_i^0 \in A^0$, $Q(a_k^0)$ – контрдостижимое множество. Дуги графа G характеризуются конечными ориентированными простыми цепями:

$$c_v = \sum_{v=1}^{\gamma} m_v a_v^0,$$

где a_v^0 – v -я цепь графа G , m_v – характеристика v -й цепи графа G , γ – количество цепей. Эти цепи представляют систему координат:

$$\bigcup_n \{A^0 - R(a_k^0) \cap Q(a_k^0)\} = \sum_n \left\{ \sum_{v=1}^{\gamma} m_v a_v^0 \right\}.$$

Предложенная зависимость, рассмотренная в разных подпространствах-структурах, введенных выше для представления структур объектов и систем ПНК, формирует систему уравнений:

$$\bigcup_n \{A^{0(q)} - R(a_k^{0(q)}) \cap Q(a_k^{0(q)})\} = \sum_n \left\{ \sum_{v=1}^{\gamma} m_v a_v^{0(q)} \right\}.$$

где q – индекс данного подпространства-структуры.

Введение подпространств-структур S_q и M_q подразумевает, что в каждом из них объект или система проявляются через некоторую структуру, определяемую их физическими компонентами с различной степенью детализации представления.

Библиографический список

1. Биргер, А.Г. Метод моделирования дискретных устройств [текст] / Автоматика и телемеханика, 1981, №1. – С. 138-144.
2. Бояршинов, А.В. [и др.] Математические модели логических элементов в автоматизированной системе построения тестов [текст] / А.В. Бояршинов, Е.С. Рыжов. – Обмен опытом в радиопромышленности. 1983, №1. – С. 15-21.
3. Казьмина, С.К. Компактное тестирование [текст] // Автоматика и телемеханика, №3, 1982. – С. 173-189.
4. Колтев, А.Н. [и др.] Монтаж и контроль испытания электротехнического оборудования ЛА [текст] / А.Н. Колтев, А.А. Миняков, Б.Н. Марьин, Ю.Л. Иванов. – М.: Машиностроение, 1998. 296 с.