

УДК 62.001.4

ПРОБЛЕМЫ ФОРМИРОВАНИЯ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ КОНТРОЛЯ БОРТОВЫХ СИСТЕМ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

© 2011 А.Н. Коптев, А.В. Кириллов, Н.А. Яковенко

Самарский государственный аэрокосмический университет

Поступила в редакцию 18.03.2011

Статья посвящена вопросам построения диагностических моделей контроля бортовых систем летательных аппаратов. В данной работе рассмотрены проблемы формирования диагностических признаков для оценки состояния объектов контроля; предложено решение некоторых вопросов диагностики бортовых систем. Определены общие подходы к решению частных задач синтеза динамических моделей.

Ключевые слова: диагностика, контроль, моделирование, пространство состояний, декомпозиция

Высокая техническая культура современного производства немислима без совершенствования методов и средств контроля и диагностирования. Отставание в этой области от общих темпов развития производства приведёт к низкой эффективности эксплуатации, возникновению аварийных ситуаций, росту затрат на ремонт. Поиск новых технических решений, а также совершенствование существующих средств контроля не представляется возможным без создания диагностических моделей технических систем. Система технической диагностики относится к классу информационно-измерительных систем, так как здесь обязательно предполагается выполнение

измерительных преобразований, совокупность которых составляет базу для логической процедуры диагноза. Ее следует рассматривать как совокупность множества возможных состояний объекта, множества сигналов, несущих информацию о состоянии объекта, и алгоритмы их сопоставления. Объектами технической диагностики являются компоненты, входящие в состав контролируемой системы. Одной из задач технической диагностики является определение работоспособности элемента и локализация неисправностей. Отсюда вытекают основные этапы построения и анализа моделей диагностирования (рис. 1).



Рис. 1. Этапы построения диагностических моделей

Коптев Анатолий Никитович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой эксплуатации авиационной техники. E-mail: eat@ssau.ru

Кириллов Алексей Владимирович, аспирант. E-mail: aL63-2010@mail.ru

Яковенко Николай Александрович, аспирант. E-mail: eat@ssau.ru

1. Физический анализ объекта контроля, на основе которого выбирается совокупность диагностических признаков и диагностируемых параметров. Оценка информативности диагностируемых параметров и чувствительности реакции диагностических признаков.

2. Формирование массива основных диагностических признаков на основе одного из известных методов.

3. Выбор минимальной совокупности диагностических признаков с использованием оптимизационных критериев.

4. Построение области работоспособности в пространстве основных диагностических признаков.

Условия решения задачи построения диагностической модели задаются допустимой областью значений ресурсов Q , выделенных для использования в процессе проектирования. В качестве таких ресурсов обычно рассматриваются продолжительность решения, общая трудоёмкость, полная стоимость решения. Условия предпочтения в допустимой области множества возможных решений построения модели определяются следующим:

1. Критерием эффективности или совершенства (КС), функцией ценности или качества объектов G , которая обобщённо характеризует ценность данной модели по ряду особо выделяемых его свойств, а также параметров функционирования (X'' , Y'' , Z'') [2]. Последние признаются важнейшими по отношению к основной цели создания, поэтому требования к ним представляется невозможным или нецелесообразным формулировать только в виде ограничений. В общем случае:

$$G = X'' \times Y'' \times Z'' \quad (1)$$

Предпочтение должно быть отдано решению с набором признаков $\bar{y} \in Y$, $\bar{x} \in X$, $\bar{z} \in Z$, что:

$$\bar{G}(\bar{X}, \bar{Y}, \bar{Z}) > G(X, Y, Z) \quad (2)$$

для всех допустимых $\bar{y} \in Y$, $\bar{x} \in X$, $\bar{z} \in Z$.

2. Оценочной функцией M , соотносящей свойства модели с затратами (ресурсами) Q , необходимыми для реализации модели. В общем случае:

$$M(X \times Y \times Z) \rightarrow Q \quad (3)$$

Оценочная функция M характеризует затраты, определяемые в виде различных ресурсов (временных, трудовых, материальных и т. п.), на создание модели с данным набором диагностических признаков. Предпочтение в этом случае должно быть отдано решению с таким набором признаков $\bar{y} \in Y$, $\bar{x} \in X$, $\bar{z} \in Z$, что:

$$\bar{M}(\bar{X}, \bar{Y}, \bar{Z}) > M(X, Y, Z) \quad (4)$$

для всех допустимых $\bar{y} \in Y$, $\bar{x} \in X$, $\bar{z} \in Z$.

Таким образом, все многообразие глобальных целевых ориентаций модели любых объектов сводится к двум:

а) максимизировать эффективность G создаваемой модели объекта контроля (допустимые затраты на процесс создания Q задаются в виде ограничений);

б) минимизировать затраты Q (временные, трудовые, материальные), необходимые для реализации процесса реализации модели.

Множество представлений для решения задач моделирования может быть отнесено к трем основным типам: выбору из перечислений, определению в пространстве состояний, сведению задачи к подзадачам [1]. Использование представлений на основе выбора из перечислений возможно при наличии множества готовых, ранее спроектированных объектов (систем, устройств, компонентов, элементов схем, блоков и т.п.) описания которых в форме модели, отражающей систему или компоненту как некоторую целостность или функциональную модель, характеризующей их как неделимую целостность, но в отличие от предыдущей только в аспекте определённых его отношений со средой или с другими объектами (например, участия в процессах связывания) доступны при разработке.

Решение задачи построения модели при использовании представления по типу **выбора из перечислений** реализуется по следующей схеме:

– поиск для построения перечислений в виде упорядоченных множеств перечисленных выше моделей, готовых решений, соответствующих по уровню сущности и основным свойствам назначения тем объектам, которые составляют предмет моделирования;

– выделение из множества потенциально возможных решений первой или второй моделей подмножества допустимых и целесообразных решений [2];

– выбор одного из ранее существовавших, готовых объектов в качестве наиболее предпочтительного решения данной задачи.

Тот факт, что существующие объекты представляют собой решения других, ранее поставленных задач построения модели с иными условиями реализации КС, ограничениями и т.п., позволяет предположить, что использованию представлений на основе выбора из перечислений должно отдаваться предпочтение во всех случаях, когда требования к свойствам диагностической модели задаются в виде ограничений, а целевая ориентация задачи реализации модели направлена

на минимизацию временных, трудовых, материальных ресурсов в процессе создания нового.

Использование представлений на основе определения в пространстве состояний предполагает наличие как возможность построения полной структурно-функциональной модели объектов контроля, а также существование готовых ранее спроектированных компонентов, из которых данная модель может быть синтезирована [1]. Эта модель отображает совокупность признаков объекта $\bar{x} \in X$, $\bar{y} \in Y$, $\bar{z} \in Z$. Она характеризует пространство возможных состояний объектов определенного класса в границах своей применимости для всех допускаемых данной моделью значений X , Y , и Z . При использовании представления на основе определения в пространстве состояний формирование модели объекта контроля сводится к выбору модели значений ряда параметров, наилучших в смысле выполнения условий реализации – продвижения в пространстве допустимых значений X , Y , и Z .

Решение этой задачи при использовании представлений по типу **определения в пространстве состояний** реализуется по следующей схеме:

- заимствование или построение множества структурно-функциональных моделей, потенциально пригодных для формирования частных моделей, отображающих отдельные структуры конкретного объекта;
- выбор или синтез полной, отображающей все выделяемые структуры модели, наилучшей в смысле конкретного объекта контроля, условий реализации КС и ограничений;
- функциональное построение частной структурной модели объекта контроля, т.е. параметризации полной, наилучшей в смысле КС объекта и условий реализации задачи формирования модели.

Тот факт, что из множества полных моделей объектов каждого данного класса может быть отобрана или построена, а затем интерпретирована (параметризована) именно та модель, которая в наибольшей степени соответствует условиям реализации любой задачи построения диагностической модели, а также особенностям КС объекта контроля, позволяет предположить, что использованию представлений на основе определения в пространстве состояний должно отдаваться предпочтение во всех случаях, когда целевая ориентация задачи направлена на достижение возможно более высокого значения КС.

Использование представлений на основе сведения задачи к подзадачам предполагает

разбиение задачи на совокупность подзадач, решения которых приводят к выполнению исходной задачи. Процесс этот применяют рекурсивно для порождения подзадач, подподзадач и т. д. до тех пор, пока, наконец, не получится множество тривиальных задач, решения которых известны. Использование представлений на основе декомпозиции исходной задачи реализует принцип «редукция сложности» и в применении к задаче построения диагностической модели эквивалентно разбиению объекта контроля на подобъекты более низкого уровня сущности и установлению связи между этими подобъектами. Разбиение объекта контроля - неизвестного целого - на подобъекты, которые в общем случае могут иметь различную степень определённости, также означает не что иное, как построение его структурно-функциональной модели, но для случаев, когда ряд выделяемых подобъектов (компонентов, элементов, блоков) не существует и они подлежат разработке в границах соответствующих подзадач.

Решение задачи построения диагностической модели при использовании представлений по типу **сведения задачи к подзадачам** реализуется по следующей схеме:

- заимствование или построение множества моделей «описания», потенциально пригодных для формирования интерпретаторов конкретного объекта, составляющего предмет данной задачи (формирование множества возможных вариантов декомпозиции объекта контроля на подобъекты);
- выбор моделей «модели описания», наилучшей в смысле возможности построения соответствующего объекта данной задачи с учетом особенностей условий реализации, КС и ограничений;
- построение «модели-интерпретатора» объекта контроля – параметризация – интерпретация наилучшая в смысле условий данной задачи.

Представления на основе сведения задачи к подзадачам используются во всех случаях, когда в силу высоких уровней сущности или сложности объектов контроля или из-за отсутствия необходимых методов и средств задача построения диагностической модели не может быть решена на основе других типов представлений. Они используются и в тех случаях, когда целевая ориентация задачи предполагает максимизацию степени использования готовых решений (преимущественности) на соподчиненных уровнях сущности объекта контроля.

В заключении можно отметить, что в общем случае на разных стадиях решения ка-

ждой конкретной задачи могут использоваться различные типы представлений: на высшем уровне решение по типу сведения задачи к подзадачам; на уровне составных единиц – по типу определения в пространстве состояний; на уровне элементов – по типу выбора из перечислений и т.п. При вариантном проектировании возможен «конкурс» типов представлений, когда одна и та же задача построения модели данного уровня сущности решается параллельно, на основе различных типов

представлений, а окончательный выбор варианта производится на уровне сопоставления результатов полученных решений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Гренандер, У. Лекции по теории образов. Том 1 Синтез образов. – М.: Мир, 1979. 383 с.
2. Гренандер, У. Лекции по теории образов. Том 2 Анализ образов. – М.: Мир, 1981. 448 с.

PROBLEMS OF FORMATION THE DIAGNOSTIC MODELS OF CONTROL THE ONBOARD SYSTEMS OF FLYING MACHINES

© 2011 A.N. Koptev, A.V. Kirillov, N.A. Yakovenko

Samara State Aerospace University

Article is devoted to the questions of construction the diagnostic models of control the onboard systems of flying machines. In the given work problems of formation the diagnostic signs for estimation the condition of control objects are considered; the decision of some questions of onboard systems diagnostics is offered. The general approaches to the decision of private problems of dynamic models synthesis are defined.

Key words: *diagnostics, control, modeling, space of conditions, decomposition*