

ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ ОБОБЩЕННОЙ ЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ

Національний авіаційний університет

Описана процедура построения обобщенной логической модели диагностирования сложных технических систем с большим числом состояний в условиях возникновения побочных эффектов внешних воздействий на объект диагностирования

Введение

При проектировании сложных объектов следует учитывать требования технического контроля – своевременно определять действительное состояние объекта (исправное, допустимое, предаварийное, аварийное), и, в случае неисправности, эффективно обнаруживать и устранять возникшие дефекты.

Инженерная практика все чаще сталкивается с проблемой решения задач диагностики сложных технических систем с большим числом возможных дефектов, требующих быстрой локализации для предотвращения серьезных аварийных последствий. Решение этих задач требует разработки математических моделей, методов и алгоритмов эффективного обнаружения дефектов, применимых не только в конкретной прикладной области, но обладающих свойством общности для большого класса технических систем.

Цель работы. Рост размерности и структурной сложности технических устройств опережает возможности активно используемых методов поддержания их в работоспособном состоянии своевременным обнаружением дефектов. Необходима разработка новых эффективных моделей для решения задач диагностики объектов, состоящих из нескольких сотен и даже тысяч единиц.

Основная часть

Предположим, объектом диагностирования является сложная организационно-техническая система, состоящая из n взаимодействующих элементов d_t , $t = \overline{1, n}$.

Состояние каждого из них в любой момент времени описывается вектором значений характеристик $h_t = (h_i(d_t); i = \overline{1, m_t})$, где m_t – количество характеристик состояния t -го элемента ОД, $t = \overline{1, n}$.

Модель диагностирования сложных систем формируется из логических выражений, каж-

дое из которых сопоставлено одному из возможных способов воздействия на ОД:

$$L_k \rightarrow V_k; \quad (1)$$

$$k \in K_i(d_t); \quad i = \overline{1, m_t}; \quad t = \overline{1, n},$$

где L_k – составное логическое высказывание, конкретизирующее k -й способ воздействия на ОД и условия его применимости;

V_k – сложное высказывание, описывающее возможные последствия практической реализации k -го способа воздействия на ОД.

Будем полагать, что реализация любого способа воздействия на ОД с целью изменения значения i -й характеристики состояния элемента d_t в общем случае может повлечь за собой побочное изменение значений других характеристик состояния данного элемента, а также характеристик состояния прочих элементов объекта диагностирования, взаимодействующих с рассматриваемым (рис. 1).

Поэтому высказывание V_k следует представить в виде конъюнкции трех предложений:

$$V_k = V_k^0 \& V_k^1 \& V_k^2;$$

$$k \in K_i(d_t); \quad i = \overline{1, m_t}; \quad t = \overline{1, n}.$$

Здесь V_k^0 – высказывание, обозначающее изменение значения характеристики $h_i(d_t)$ в результате реализации k -го способа воздействия на ОД;

V_k^1 – составное высказывание, описывающее побочные изменения значений других характеристик состояния t -го элемента ОД, вызванные применением k -го способа воздействия на объект диагностирования;

V_k^2 – сложное высказывание, отражающее побочные изменения значений характеристик состояния других элементов ОД, связанных с d_t , вследствие реализации k -го способа воздействия на объект диагностирования.

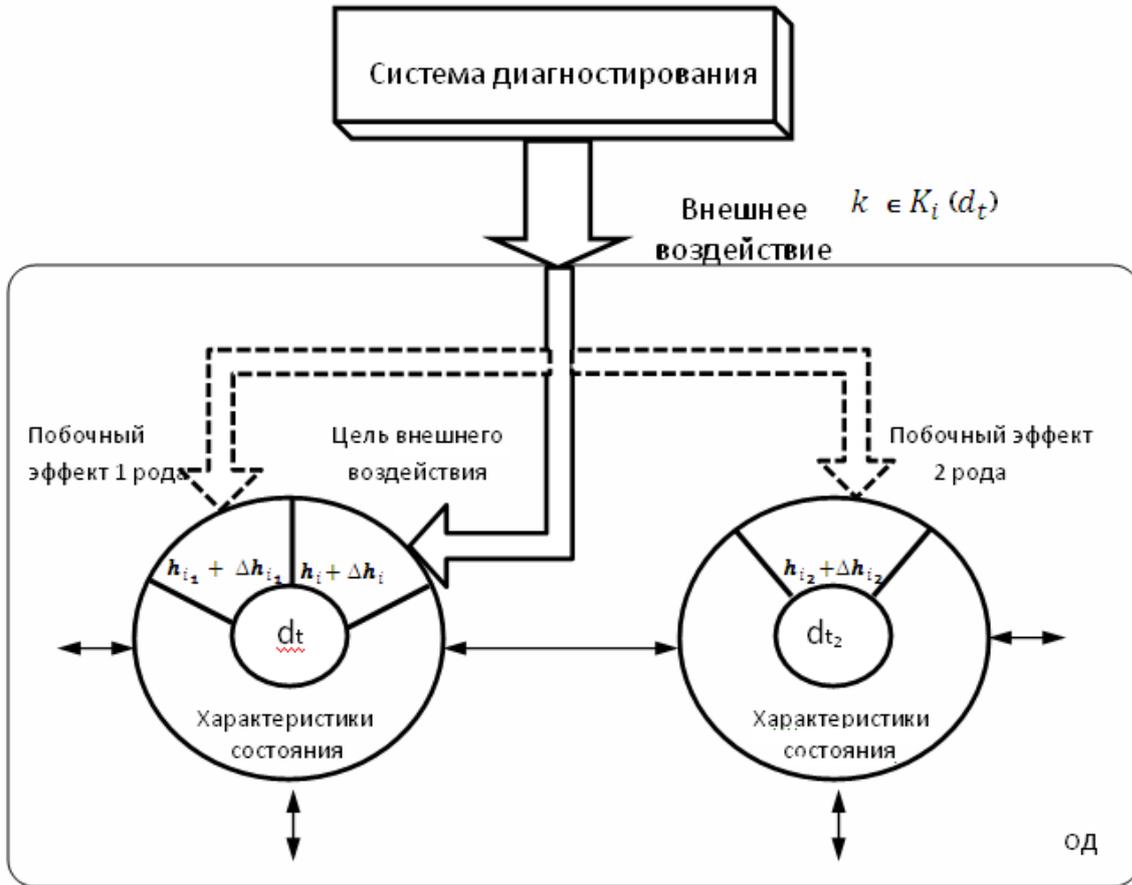


Рис. 1 – Побочные эффекты внешнего воздействия

Высказывания V_k^0 , V_k^1 и V_k^2 описываются следующими формулами:

$$V_k^0 = Z(c_{kit});$$

$$V_k^1 = \bigwedge_{i \in I_i(d_t)} [U_{ki} \rightarrow Z(c_{kit})];$$

$$V_k^2 = \bigwedge_{t \in T_t} \bigwedge_{i \in I_i(d_t)} [F_{ki_2}(d_{t_2}) \rightarrow Z(c_{kit})];$$

$$k \in K_i(d_t); \quad i = \overline{1, m_t}; \quad t = \overline{1, n},$$

где i_1 – номер характеристики состояния элемента d_t , значение которой может измениться наряду с $h_i(d_t)$ под влиянием k -го способа воздействия на ОД; $1 \leq i_1 \leq m_t$; $i_1 \neq i$;

t_2 – номер элемента ОД, связанного с элементом d_t ; $1 \leq t_2 \leq n$; $t_2 \neq t$;

i_2 – номер характеристики состояния t_2 -го элемента ОД, которая может изменить свое значение вследствие применения k -го способа воздействия на объект диагностирования; $1 \leq i_2 \leq m_{t_2}$; $i_2 \neq i$;

$Z(c_{kit})$ – простое высказывание, конкретизирующее изменение значения характеристики $h_i(d_t)$ в результате реализации k -го способа воздействия на ОД;

c_{kit} – константа, указывающая направление этого изменения и являющаяся его количест-

венной оценкой: если $c_{kit} < 0$, это означает, что в результате применения k -го способа воздействия на ОД значение $h_i(d_t)$ снижается; если $c_{kit} > 0$ – возрастает; если $c_{kit} = 0$ – остается на прежнем уровне;

$I_k(d_t)$ – множество номеров характеристик состояния элемента d_t , которые наряду с $h_i(d_t)$ могут изменять свои значения в результате реализации k -го способа воздействия на ОД;

U_{ki} – высказывание, описывающее условия существования и параметры зависимости между i -й и i_1 -й ($i \neq i_1$) характеристиками состояния элемента d_t , обуславливающей побочное изменение значения $h_i(d_t)$ вследствие применения k -го способа воздействия на ОД;

T_k^2 – множество номеров взаимодействующих с d_t элементов, характеристики состояния которых могут изменять свои значения в результате реализации k -го способа воздействия на ОД;

$F_{ki_2}(d_{t_2})$ – высказывание, описывающее условия существования и параметры зависимости между характеристиками $h_i(d_t)$ и $h_{i_2}(d_{t_2})$,

при которых возможно побочное изменение последней из них вследствие применения k -го способа воздействия на ОД.

Выбор констант c_{kit} определяется глубиной детализации знаний экспертов о последствиях реализации внешних воздействий на ОД. Если существует возможность выделения степеней изменения значений характеристик состояния ОД под влиянием этих воздействий, то константа c_{kit} может быть любым целым числом:

$$c_{kit} \in \{-3, -2, -1, 0, 1, 2, \dots\}.$$

При этом модуль константы c_{kit} сопоставляется степени изменения характеристики $h_i(d_t)$, вызванного применением k -го способа воздействия на ОД, а знак указывает направление этого изменения.

Если подобная градация последствий реализации внешних воздействий на ОД оказывается невозможной и константы c_{kit} могут отражать лишь факт и направление изменения характеристик состояния ОД, то

$$c_{kit} \in \{-1, 0, 1\}.$$

В некоторых случаях удается оценить последствия внешних воздействий на ОД относи

тельным приращением значений характеристик состояния объекта диагностирования. Тогда каждая константа c_{kit} приравнивается этому приращению и, следовательно, удовлетворяет неравенству

$$-1 \leq c_{kit} \leq 1.$$

Пусть $K(d_t)$ – множество способов воздействия на ОД, приводящих к изменению значений характеристик состояния элемента d_t :

$$K(d_t) = \bigcup_{i=1}^{m_t} K_i(d_t); \quad t = \overline{1, n};$$

K – множество всех способов воздействия на ОД, предусмотренных моделью диагностирования (1):

$$K = \bigcup_{t=1}^n K(d_t).$$

Из этой модели следует, что в общем случае существуют три группы способов воздействия на ОД, реализация которых способна вызвать изменение значения характеристики $h_i(d_t)$:

1) способы прямого воздействия на ее уровень, образующие множество $K_i(d_t)$;

2) способы косвенного воздействия первого порядка, входящие в состав множества

$$K_i^1(d_t) = \{k \in K(d_t) \setminus K_i(d_t) : I_k(d_t) \neq \emptyset; i \in I_k(d_t)\}$$

3) способы косвенного воздействия второго

порядка, составляющие множество

$$K_i^2(d_t) = \{k \in K \setminus K(d_t) : T_k^2 \neq \emptyset; t \in T_k^2; I_k(d_t) \neq \emptyset; i \in I_k(d_t)\}.$$

В состав множества $K_i^1(d_t)$ входят способы воздействия на ОД, предназначенные для изменения значений других характеристик $h_i(d_t)$; $1 \leq i_1 \leq m_t$; $i \neq i_1$ состояния элемента d_t , функционально связанных с рассматриваемой характеристикой $h_i(d_t)$.

Множество $K_i^2(d_t)$ объединяет такие способы воздействия на ОД, которые применяются с целью изменения значений характеристик состояния $h_{i_2}(d_{t_2})$; $1 \leq i_2 \leq m_{t_2}$; $1 \leq t_2 \leq n$; $t_2 \neq t$

$$K_i^2(d_t) = \{k \in K \setminus K(d_t) : T_k^2 \neq \emptyset; t \in T_k^2; I_k(d_t) \neq \emptyset; i \in I_k(d_t)\}.$$

Совокупность выражений (1), сформированных для всех неформализуемых задач поиска решений в соответствии с введенными ранее предположениями, образует базу знаний интеллектуальной (экспертной) системы диагностирования сложным организационно-техническим объектом.

других элементов объекта диагностирования, взаимодействующих с элементом d_t .

Общим для всех этих способов воздействия на ОД является то, что их реализация может привести к побочному изменению значения рассматриваемой характеристики $h_i(d_t)$.

Полное множество $K_i^I(d_t)$ предусмотренных моделью диагностирования способов воздействия на ОД, которые могут быть использованы для изменения значения характеристики $h_i(d_t)$, определяется согласно формуле:

Выводы

Проведение диагностической процедуры и обработка ее результатов имеет большую трудоемкость, или, более того, нереализуема из-за ограничений на вычислительные ресурсы. Проведенные исследования выявили не обходи

мость создания принципиально новой модели представления данных об объекте для целей диагностирования, на базе которой возможно организовать эффективную комбинационную процедуру поиска дефектов для сложных систем с большим числом состояний.

При исследовании сложных технических систем с использованием методов математического моделирования возникает ряд проблем, обусловленных большой размерностью задачи и необходимостью учета множества факторов, присущих системе и влияющих на качество решения задачи. Наличие большого количества реальных задач, комбинаторных по своему характеру, но содержащих нелинейные функциональные зависимости, потребовало разработки эффективных алгоритмов их решения, обладающих свойствами сходимости и полноты. Такие алгоритмы были созданы путем распространения стратегии направленного перебора ва

риантов на экстремальные комбинаторные модели с нелинейной структурой.

Список литературы

1. Литвиненко О.Є. Математичний метод визначення множинних відмов в складних технічних системах. – Вісник НАУ, 2002. – №4. – С. 143-150.

2. Литвиненко А.Е. Модели и алгоритмы определения множественных отказов в сложных системах. – Проблеми інформатизації і управління. – К.: НАУ – 2004, вип. 11. – С. 139-147.

3. Дмитриев С.А., Литвиненко А.Е., Стёпушкина Е.П., Попов А.П. Экспертные модели определения множественных отказов в авиационных двигателях. – Вестник двигателестроения. – 2005. – №1. – С. 67-77.

4. Рябинин И.А. Надежность и безопасность структурно-сложных систем. – СПб.: Политехника, 2000. – 248 с.