

Рис. 9. Переходные характеристики системы регулирования с нейрорегулятором

Литература

1. Комашинский, В. И. Нейронные сети и их применение в системах управления и связи [Текст] / Владимир Комашинский, Дмитрий Смирнов. — М. : Горячая линия – Телеком, 2003. — 96 с.
2. Медведев, В. С. Нейронные сети. MATLAB 6 [Текст] / В. С. Медведев, В. Г. Потемкина; под. общ. ред. В. Г. Потемкина. — М. : ДИАЛОГ-МИФИ, 2002. — 490 с.

А.С. Кучеров, А.А. Якищук, В.И. Куренков

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЧЕТКИХ РЕЛЯЦИОННЫХ УРАВНЕНИЙ В ЗАДАЧЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ

(Самарский государственный аэрокосмический университет им. академика С.П. Королёва (национальный исследовательский университет))

Для задач технической диагностики характерна неоднозначность в определении возможной причины отказа сложной технической системы (СТС). Например, причинами потери космическим аппаратом (КА) заданной ориентации могут явиться отказы силового гироскопического комплекса, системы сброса кинетического момента, блока определения координат звёзд (БОКЗ) и другие. С другой стороны, отказы, вызванные указанными причинами, могут иметь и другие проявления – например, отсутствует информация о выполнении ориентации КА по сигналам БОКЗ.



Известно, что использование в условиях неопределённости методов нечёткой логики позволяет получить результаты, более адекватные по сравнению с получаемыми на основе использования методов традиционной булевой логики [1].

Задача технической диагностики ставится следующим образом.

Задано множество возможных причин отказов $X = \{x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_m\}$, множество проявлений отказов $Y = \{y_1, y_2, \dots, y_j, \dots, y_n\}$ и функция принадлежности $\mu_p(\langle x_i, y_j \rangle)$, определённая на множестве кортежей $\langle x_i, y_j \rangle, i = \overline{1, m}, j = \overline{1, n}$, которая описывает степень уверенности эксперта в том, что i -я причина приводит к отказу, проявляющему себя в виде j -го следствия. Тем самым определено бинарное нечёткое отношение $P = \{\langle x_i, y_j \rangle, \mu_p(\langle x_i, y_j \rangle)\}$. В результате анализа информации о конкретном случае нарушения работоспособности КА определяется численная мера b_j проявления каждого отказа и формируется вектор $b = (b_1, b_2, \dots, b_j, \dots, b_n)$ - для краткости будем называть значение b_j мерой достоверности.

Математическая постановка задачи диагностики заключается в нахождении нечёткого множества-вектора a , удовлетворяющего условию

$$a \otimes M_p = b,$$

где « \otimes » – знак нечёткой композиции, M_p - матрица, соответствующая нечёткому отношению P , строки которой представляют собой первые элементы кортежей, а столбцы – вторые элементы кортежей рассматриваемого нечёткого отношения.

В качестве композиции бинарных нечётких отношений наиболее часто применяется бинарное нечёткое отношение с функцией принадлежности

$$\mu = \max_{x \in X} \{ \min \{ \mu_X(x), \mu_p(\langle x, y \rangle) \} \}.$$

Известны необходимые и достаточные условия существования решений отдельных нечетких реляционных уравнений [2,3], но система уравнений в общем случае может быть несовместна.

Данное обстоятельство приводит, применительно к задаче технической диагностики, к альтернативе: наложить некоторые ограничения на задаваемые значения функций принадлежности $\mu_p(\langle x_i, y_j \rangle)$ и мер проявления отказов b_j либо прибегнуть к приближенному решению систем нечетких реляционных уравнений.

Выбор первого варианта, очевидно, значительно осложнит работу экспертов и сделает систему диагностики малоэффективной. Более приемлемым представляется выбор второго варианта. При этом задачу решения нечетких уравнений можно рассматривать как задачу многокритериальной оптимизации.

Пусть $f_i(a_1, a_2, \dots, a_n)$ - значение правой части i -го полиномиального нечеткого уравнения. Введем невязку $\delta_i = |b_i - f_i|$ как меру отклонения значения



правой части i -го нечеткого уравнения, достигаемого при значениях аргументов a_1, a_2, \dots, a_n , от ее заданного значения.

Тогда можно поставить следующую задачу оптимизации: найти значения $a_1^*, a_2^*, \dots, a_n^*$, такие, что

$$\delta_i(a_1, a_2, \dots, a_n) \rightarrow \min_{a_1, a_2, \dots, a_n}, \quad i = \overline{1, m};$$
$$a_j \in [0, 1], \quad j = \overline{1, n}.$$

Если система нечетких уравнений несовместна, то сформулированная задача не имеет математического решения, и следует использовать методы, применяемые для задач многокритериальной оптимизации. Одним из них является метод абсолютной уступки, согласно которому

$$(a_1^*, a_2^*, \dots, a_n^*) = \arg \min_{a_1, a_2, \dots, a_n} \sum_{i=1}^m \delta_i(a_1, a_2, \dots, a_n);$$
$$a_j \in [0, 1], \quad j = \overline{1, n}.$$

Данный метод положен в основу программного обеспечения системы технической диагностики СТС, которое представляет собой приложение, разработанное средствами Java 1.7 с помощью библиотеки визуальных компонентов Swing. Главное окно приложения представлено на рисунке.

В настоящем варианте приложение позволяет производить диагностику причин отказов пяти бортовых систем КА, но является открытым для добавления произвольного числа дополнительных моделей.

Пользователь должен ввести экспертные оценки значений мер проявления отказов b_j в столбец «Мера» таблицы «Мера проявления отказов» и значений функций принадлежности $\mu_p(\langle x_i, y_j \rangle)$ в таблицу «Экспертные оценки связей причин и отказов». Вводимые значения должны принадлежать интервалу от 0 до 1, что контролируется программой. После запуска приложения осуществляется расчет компонент вектора a ; при этом активируется полоса прогресса поиска решения, отображая процент выполнения задачи.

После окончания расчета приложение выводит краткий отчет, содержащий набор строк в формате «мера достоверности ~ причина отказа». По этому отчету можно судить о том, какая из причин отказа системы представляется наиболее достоверной при заданных значениях мер проявлений отказов b_j и экспертных оценок функций принадлежности $\mu_p(\langle x_i, y_j \rangle)$.

В качестве метода поиска решения системы нечетких реляционных уравнений используется метод прямого перебора значений переменных a_i , что значительно сказывается на скорости работы программы – системы с большим количеством данных могут анализироваться очень долго. В дальнейшем планируется оптимизировать алгоритм поиска решения для ускорения работы программы и повышения точности результатов расчета.



Также предполагается организовать возможность задания экспертных оценок связей причин отказов и их проявлений не в табличной форме, а в виде функций, что позволит разрабатывать гораздо более гибкие модели для определения причин отказов бортовых систем космического аппарата.

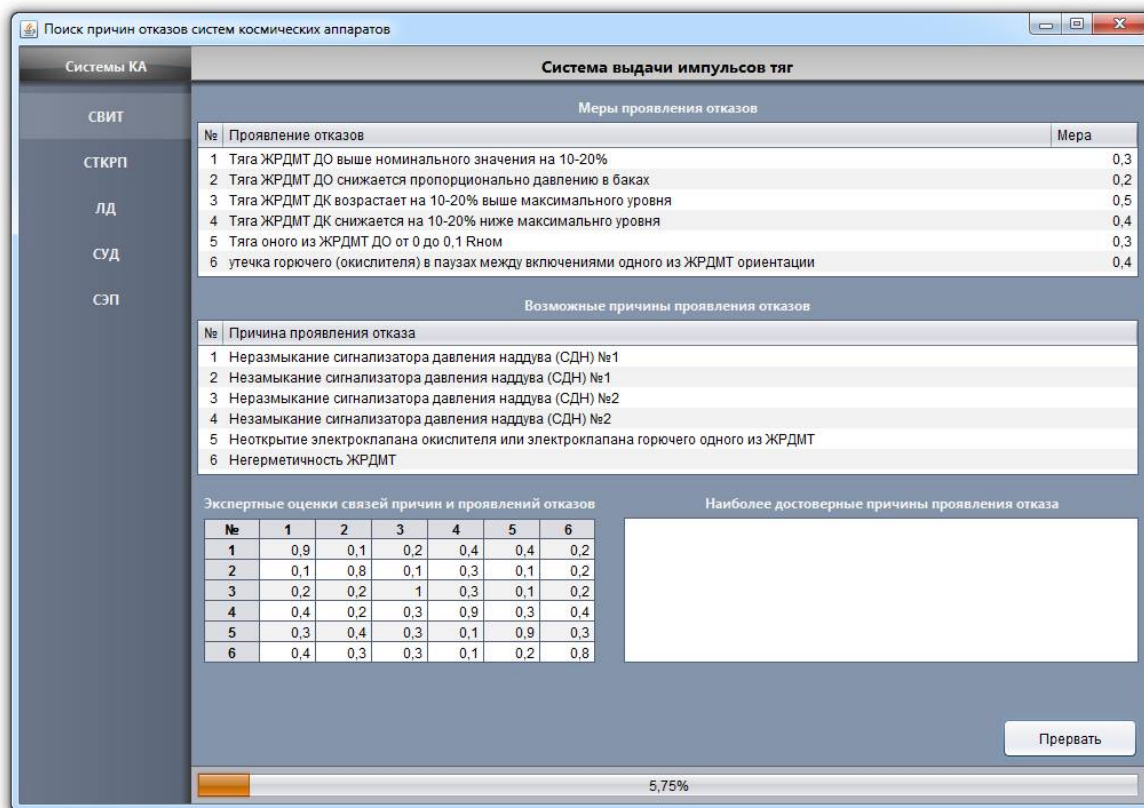


Рис. 1

Литература

1. Леоненков, А.В. Нечёткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH [Текст]/А.В. Леоненков– СПб.: БХВ-Петербург, 2003.-736 с.
2. Нечеткая логика: алгебраические основы и приложения [Текст]/ Блюмин С.Л. Шуйкова И.А., Сараев П.В. и др. – Л.: ЛЭГИ, 2002. – 110 с.
3. Sanchez, E. Resolution of Composite Fuzzy Relation Equations/E. Sanchez // Information and Control. -1976.- Vol. 30. - P. 38-48.

Э.В. Лапшин, А.Н. Якимов, Н.К. Юрков

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДВИЖЕНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА С УЧЁТОМ ВЗЛЁТА И ПОСАДКИ НА ПОДВИЖНЫЙ ОБЪЕКТ

(Пензенский государственный университет)

Создание математической модели движения летательного аппарата (ЛА) с учетом взлета и посадки на подвижный объект (ПО) предусматривает в первую очередь выбор системы координат, обеспечивающих рациональное