



УДК 621.38

ОЦЕНКА ТЕРМИНАЛЬНОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ УПРАВЛЯЕМЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Г.С. Бритов

ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения»

Рассматривается предложенный для оценки технологического процесса терминального диагностирования динамических систем метод, основанный на использовании IDEF3-модели, предназначенной для описания сценариев технологических процессов. В технологическом процессе диагностирования могут быть состояния, где осуществляется выполнение операций подготовки и тестирования объектов. Для них построен марковский процесс изменения вероятностей состояний в дискретном времени. Следовательно, рассчитываются стационарные вероятности и анализируются риски неправильного выполнения операций технологического процесса и получения неправильного результата решения главной задачи процесса тестирования.

Ключевые слова: технологический процесс, система терминального диагностирования, IDEF3-модель, марковский процесс, стационарные вероятности состояний, риски системы терминального диагностирования.

Для цитирования:

Бритов Г.С. Оценка терминального диагностирования управляемых динамических систем // Системный анализ и логистика: журнал.: выпуск №1(19), ISSN 2007-5687. – СПб.: ГУАП., 2019 – с.25-30. РИНЦ.

ESTIMATE OF TERMINAL DIAGNOSING OF CONTROLLED DYNAMIC SYSTEMS

G.S. Britons

Saint-Petersburg State University of Aerospace Instrumentation

Discusses proposed for the assessment of technological process of terminal diagnosis of dynamic systems the method based on the use of IDEF3-model intended to describe scenarios of technological processes. In the technological process of diagnosis there can be States where the operations of preparation and testing of objects are carried out. For them the Markov process of change of probabilities of States in discrete time is constructed. Consequently, the calculated stationary probabilities and the risks of improper execution of the operations process and getting the wrong result the decision of the main tasks of the testing process.

Key words: technological process, system, terminal diagnosis, IDEF3-model, Markov process, stationary distribution, risks of a terminal diagnosis.

For citation:

Britons G.S. Estimate of terminal diagnosing of controlled dynamic systems // System analysis and logistics.: №1(19), ISSN 2007-5687. – Russia, Saint-Petersburg.: SUAI., 2019 – p.25-30.

Введение

Терминальное диагностирование динамических объектов было описано в работе [1]. Приведенная классификация показывает, что объект в виде линейной дискретной динамической системы может быть продиагностирован с помощью импульсного или сингулярного терминального управления при нулевых или различных границах движения системы. Организация терминального диагностирования динамических систем предполагает расчет терминального управления, обеспечение требуемого движения системы в заданных границах и проверке диагностических признаков. Последние определяются отклонением конечного состояния от заданной конечной границы движения системы.

Технологический процесс в системе терминального диагностирования описывается с помощью стандарта IDEF3, который позволяет строить технологические модели в виде PFDD- и OSTN-диаграмм [2]. С их помощью можно получить полное представление о разрабатываемом



процессе. В работе [3] рассмотрено формальное построение соответствующих технологических моделей. В результате появляется возможность выполнить анализ рисков в технологических процессах [4,5].

Целью статьи является получение оценки возможных рисков в системе терминального диагностирования. Результаты оценивания оформлены в виде графика, представляющего системы с точки зрения степени возможного риска.

Диаграмма состояний системы терминального диагностирования

Построенная OSTN-диаграмма IDEF3-технологии для системы терминального диагностирования показана на рисунке 1. В ней представлены четыре состояния процесса, переходы между которыми осуществляются с вероятностями p_i . Полагаем, что они распределены по закону Пуассона. Тогда справедливо следующее утверждение:

$$p_i = \alpha_i \cdot \Delta t.$$

Здесь α_i – интенсивность соответствующего перехода. Принимаем $\Delta t = 1$ для того, чтобы получить рекуррентные уравнения вероятностей состояний системы терминального диагностирования. Следовательно, должно выполняться условие $\alpha_i < 1$.

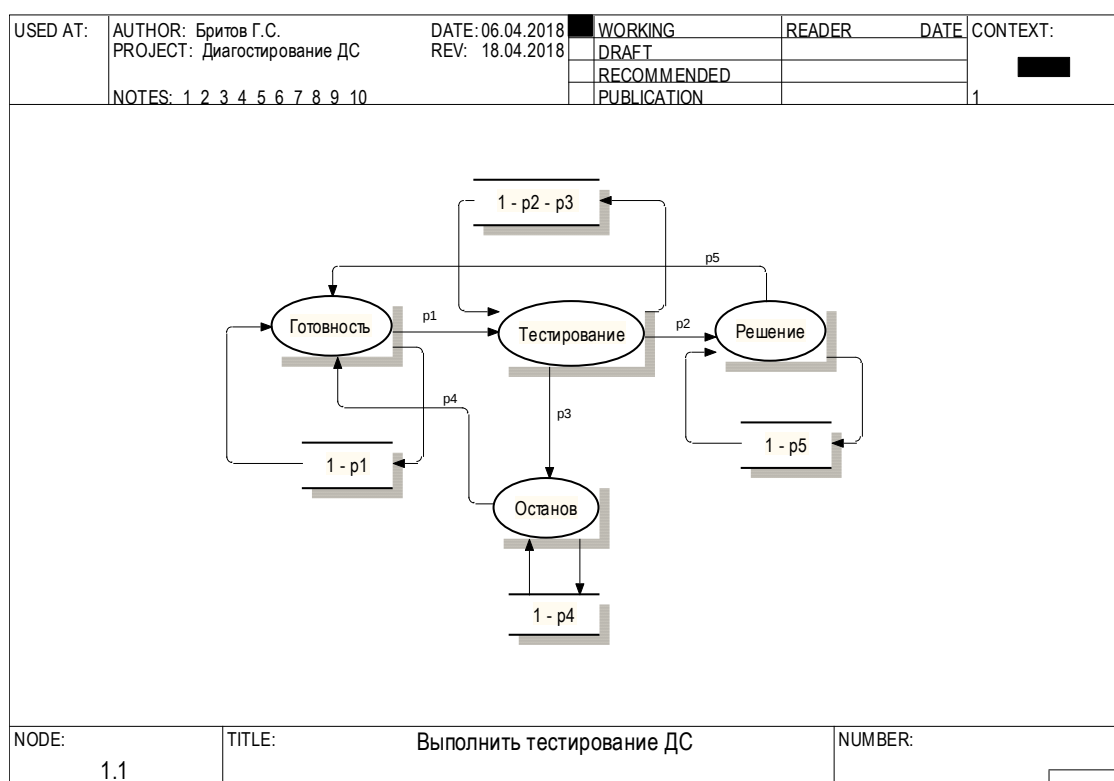


Рис.1. OSTN-диаграмма технологического процесса терминального диагностирования

Параметры диаграммы следующие:

1. Состояния процесса
 - а. Готовность выполнения тестирования, когда выполнены расчеты терминального диагностирования конкретной системы.
 - б. Тестирование системы, когда выполняется движение системы в заданных границах под действием рассчитанного терминального управления.



- с. Решение, принимаемое после окончания движения системы и проверяются диагностические признаки.
- d. Останов тестирования, когда движение системы прерывается до его требуемого окончания.
- 2. Интенсивности переходов
 - a. α_1 – интенсивность перехода из состояния готовности в состояние тестирования.
 - b. α_2 – интенсивность перехода из состояния тестирования в состояние решения.
 - c. α_3 – интенсивность перехода из состояния тестирования в состояние останова.
 - d. α_4 – интенсивность перехода из состояния останова в состояние готовности.
 - e. α_5 – интенсивность перехода из состояния решения в состояние готовности.

Рекуррентные уравнения системы терминального диагностирования

По диаграмме состояний можно построить рекуррентные уравнения марковского процесса для состояний системы терминального диагностирования:

$$\begin{aligned}
 P_1(t+1) &= (1-\alpha_1) \cdot P_1(t) + \alpha_5 \cdot P_3(t) + \alpha_4 \cdot P_4(t), P_1(0) = 1, \\
 P_2(t+1) &= \alpha_1 \cdot P_1(t) + (1-\alpha_2-\alpha_3) \cdot P_2(t), P_2(0) = 0, \\
 P_3(t+1) &= \alpha_2 \cdot P_2(t) + (1-\alpha_5) \cdot P_3(t), P_3(0) = 0, \\
 P_4(t+1) &= \alpha_3 \cdot P_2(t) + (1-\alpha_4) \cdot P_4(t), P_4(0) = 0.
 \end{aligned}$$

Здесь приняты следующие обозначения:

$P_1(t)$ – вероятность состояния готовности системы диагностирования в дискретный момент времени t .

$P_2(t)$ – вероятность состояния тестирования диагностируемой системы в дискретный момент времени t .

$P_3(t)$ – вероятность состояния решения о результатах диагностирования в дискретный момент времени t .

$P_4(t)$ – вероятность состояния останова системы диагностирования в дискретный момент времени t .

Матрица переходов имеет следующий вид:

$$A = \begin{bmatrix} 1-\alpha_1 & 0 & \alpha_5 & \alpha_4 \\ \alpha_1 & 1-\alpha_2-\alpha_3 & 0 & 0 \\ 0 & \alpha_2 & 1-\alpha_5 & 0 \\ 0 & \alpha_3 & 0 & 1-\alpha_4 \end{bmatrix}.$$

Она является стохастической с спектральным радиусом равным 1. Поэтому можно рассчитать стационарные вероятности марковского процесса:

$$\begin{aligned}
 P_{c1} &= \frac{\alpha_2 \alpha_4 \alpha_5 + \alpha_3 \alpha_4 \alpha_5}{\alpha_1 \alpha_2 \alpha_4 + \alpha_1 \alpha_3 \alpha_5 + \alpha_1 \alpha_4 \alpha_5 + \alpha_2 \alpha_4 \alpha_5 + \alpha_3 \alpha_4 \alpha_5}, \\
 P_{c2} &= \frac{\alpha_1 \alpha_4 \alpha_5}{\alpha_1 \alpha_2 \alpha_4 + \alpha_1 \alpha_3 \alpha_5 + \alpha_1 \alpha_4 \alpha_5 + \alpha_2 \alpha_4 \alpha_5 + \alpha_3 \alpha_4 \alpha_5}, \\
 P_{c3} &= \frac{\alpha_1 \alpha_2 \alpha_4}{\alpha_1 \alpha_2 \alpha_4 + \alpha_1 \alpha_3 \alpha_5 + \alpha_1 \alpha_4 \alpha_5 + \alpha_2 \alpha_4 \alpha_5 + \alpha_3 \alpha_4 \alpha_5},
 \end{aligned}$$



$$P_{c4} = \frac{\alpha_1 \alpha_3 \alpha_5}{\alpha_1 \alpha_2 \alpha_4 + \alpha_1 \alpha_3 \alpha_5 + \alpha_1 \alpha_4 \alpha_5 + \alpha_2 \alpha_4 \alpha_5 + \alpha_3 \alpha_4 \alpha_5}.$$

Формулы получены с помощью программы-сценария для математического пакета MatLab и представлены в приложении MS Equation 3.0.

Характеристики системы терминального диагностирования

Полученные вероятности могут быть использованы для оценки возможных рисков в системе терминального диагностирования. Так, пара (P_{c2}, P_{c3}) определяет риск перегрузки системы. На рис.2 показана соответствующая плоскость, разделенная на области. Точки в каждой области определяют степень риска в системе.

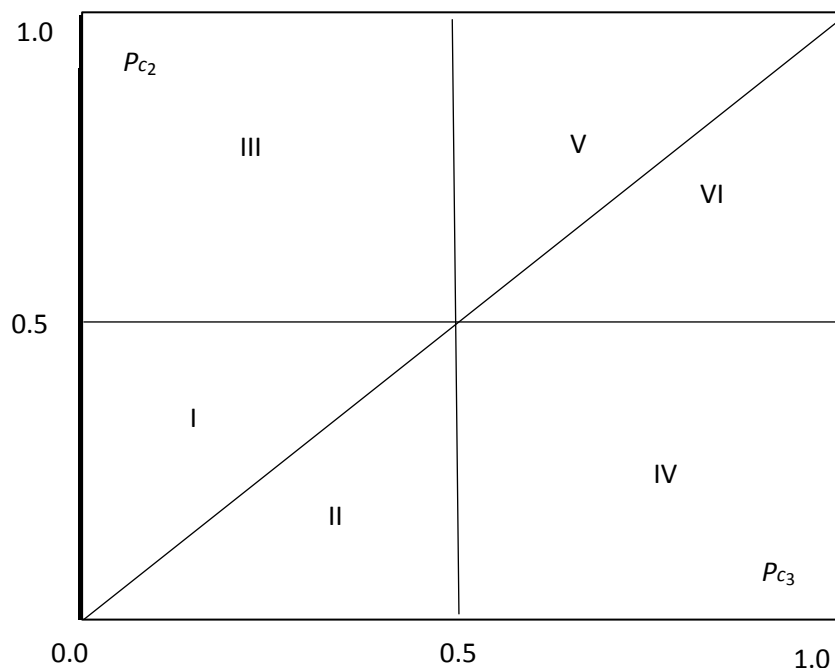


Рис.2. Плоскость вероятностей P_{c2}, P_{c3}

Области V, VI характеризуются высоким риском перегрузки в системе терминального диагностирования. При этом в области V доля тестирования в риске перегрузки выше доли принятия решения. В области VI – наоборот.

Области I, II характеризуются низким риском перегрузки в системе. При этом в области I доля тестирования в риске перегрузки выше доли принятия решения. В области II – наоборот.

Области III, IV характеризуются неопределенным риском перегрузки, так как в них вероятности сильно отличаются друг от друга. При этом в области III доля тестирования в риске перегрузки выше доли принятия решения. В области IV – наоборот.

Для того чтобы оценить долю вероятности определенного состояния в риске перегрузки, необходимо вычислить расстояние соответствующей точки на плоскости от ее биссектрисы. Например, доля вероятности состояния тестирования оно вычисляется следующим образом:

$$r = \frac{P_{c2} - P_{c3}}{\sqrt{2}}.$$



Получаемое расстояние достигает максимального значения $r = 0.35$ для областей I и V в вершинах соответствующих треугольников. Минимального значения $r = 0$ оно достигает на биссектрисе, так как здесь вероятности равны.

Аналогичные оценки рисков в системе терминального диагностирования можно сделать для других пар вероятностей. Так, пара (P_{c1} , P_{c4}) определяет риск невыполнения системой своей цели – определение технического состояния объекта диагностирования. Действительно, состояния останова и готовности превалируют над рабочими состояниями тестирования и принятия решения.

Заключение

Таким образом, методология IDEF3 и выполняемый на ее основе вероятностный анализ технологического процесса терминального диагностирования позволяют оценить возникающие при тестировании динамических объектов риски. Они составляют основу оценки терминального диагностирования динамических управляемых систем.



СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бритов Г. С.* Диагностирование динамических систем на основе терминального управления // Системный анализ и логистика. 2016. Выпуск 13. С. 3-12.
2. *Маклаков С.В.* Создание информационных систем с AllFusion Modeling Suite./ ДИАЛОГ-МИФИ, М.: 2003 – 432 с.
3. *Бритов Г.С.* Метод формального описания PFDD-диаграмм IDEF3-технологии. // Информационно-управляющие системы, № 2. 2014. – С. 25 – 32.
4. *Соложенцев Е.Д.* Сценарное логико-вероятностное управление риском в бизнесе и технике. Второе издание. СПб. Бизнес-пресса. 2006. – 560 с.
5. *Осипова Т.Ф.* Анализ рисков бизнес процессов в организации. // X международная научно-практическая конференция «Актуальные проблемы экономики и новые технологии преподавания», Том 3. СПб: Изд-во МБИ. 2011. – С.103 – 108.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Бритов Георгий Семенович –

канд. техн. наук, доцент

ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения»

190000, Россия, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 67, лит. А

E-mail: britovgs@gmail.com

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Britons George Semenovich –

PhD. tech. Sciences, associate professor

Saint-Petersburg State University of Aerospace Instrumentation

SUAI, 67, Bolshaya Morskaya str., Saint-Petersburg, 190000, Russia

E-mail: britovgs@gmail.com