



## Литература

1. Прохоров С.А., Федосеев А.А., Денисов В.Ф., Иващенко А.В. Методы и средства проектирования профилей интегрированных систем обеспечения комплексной безопасности предприятий наукоемкого машиностроения. // Самара, СНЦ РАН, 2009- 199с., илл.
2. ГОСТ Р 55062-2012 «Системы промышленной автоматизации и их интеграция. Интероперабельность . Основные положения.
3. Куделькин В.А., Денисов В.Ф. Модели и инструментальные средства мониторинга состояния комплексной безопасности стратегических объектов и территорий.// журнал «Мониторинг. Наука и безопасность.» -М., 2012, №2 (6), с. 16-24.
4. Куделькин В.А., Денисов В.Ф. Архитектура интегрированных распределенных систем мониторинга и обеспечения безопасности организационно-технических систем и территорий.// Мониторинг.Наука и безопасность», 2013, №4 (12), с. 64-79.
5. Куделькин В.А., Денисов В.Ф. Организационно-методическое обеспечение и стандартизация интегрированных систем мониторинга и обеспечения безопасности стратегических и социально значимых объектов и территорий государства// Журн. Интеграл, № 1 (74), 2014 г, с.50-52.
6. ISO/IEC DIS 18384-3 Distributed Application Platforms and Services (DAPS)-Reference Architecture for Service Oriented Architecture(SOA). Part 3:Service Oriented Architecture Ontology (draft international standard)

И.В. Дидрих

## О НАДЕЖНОСТИ ИНФОРМАЦИОННОЙ СРЕДЫ ПРЕДПРИЯТИЯ

(Тамбовский государственный технический университет)

Современные экономические системы (например, промышленные предприятия) функционируют в условиях высокой конкуренции. Поэтому создание информационной инфраструктуры и внедрение информационных систем становится для предприятия важной стратегической задачей. Проблемы оценки надежности информационных сред является актуальной задачей. Использование методов теории надежности технических средств, для решения проблем обеспечения надежности информационных сред при определенных условиях может являться довольно результативным инструментом. На рис.1 приведена модель программной компоненты информационной системы (ПКИС).

При наличии ошибки определенное подмножество пространства входов отображается в пространство выходов неверно. При применении метода, позволяющего для всего набора входных данных поэлементно проверить каждую из программных компонент информационной среды, можно выявить все присутствующие системе ошибки и полностью исключить их из полученного решения. Напротив, аппаратные компоненты систем могут выходить из строя даже после



проведения самых тщательных испытаний. Исходя из того, что для элементов пространства входов характерна неопределенность, можно считать, что процесс возникновения ошибок является случайным процессом [1].

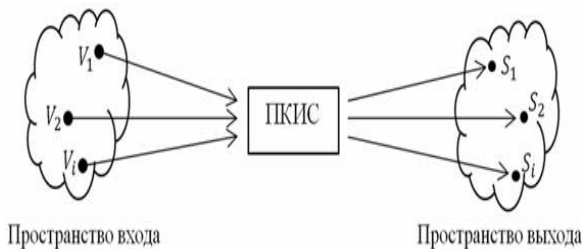


Рис. 1. Модель программной компоненты информационной системы (ПКИС)

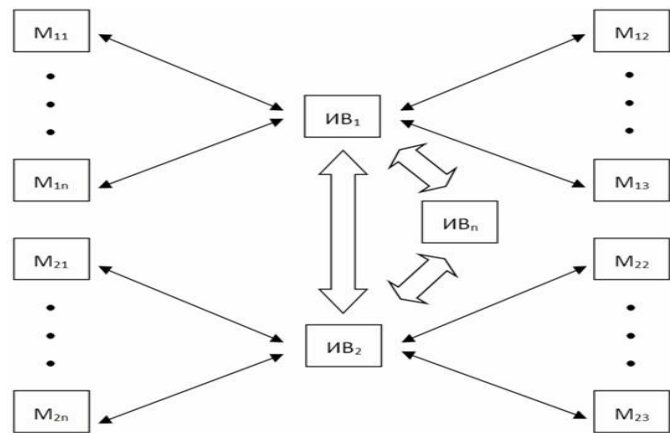


Рис. 2. Модель распределенной модульной структуры

Опытное определение реальной надежности функционирования информационных сред – весьма трудоемкая и трудно автоматизируемая задача, так как для случайного набора входных значений невозможно точно определить реакцию системы. Однако в рамках изолированного подмножества не возникает определенных сложностей при определении реакции системы. Это возможно в том случае, когда известны, во-первых, определенные свойства блока элемента программной компоненты информационной системы, во-вторых, вся составляющая набора входных значений.

Современную информационную среду промышленного предприятия можно представить в виде модели, характеризующей процесс представления распределенной модульной структуры (рис. 2). В этой модели в качестве модуля может выступать как аппаратно-программная часть системы, так и программная компонента. Показанную на рис. 2 модель распределенной модульной структуры можно представить в виде простых узлов, соединенных параллельно-последовательным способом. Подобная модульная структура дает представление о связи между надежностью системы и надежностью ее элементов. Для оценки надежности полученной системы применим основные методы теории надежности. При последовательном расчете, начиная с элементарных узлов и заканчивая составными узлами системы, полученная система может быть сведена к эквивалентной системе, состоящей из параллельно соединенных узлов.

Рассмотрим информационную среду, сведенную к трем параллельно соединенным компонентам  $a$ ,  $b$  и  $c$ . Отказ всей системы, произойдет после выхода из строя всех элементов. Условие работоспособности системы ( $F_n$ ) можно записать в виде логической функции алгебры логики, в которой  $a$ ,  $b$  и  $c$  – события, показывающие работоспособное состояние соответствующих элементов:

$$(1)$$



Для оценки работоспособных состояний системы воспользуемся понятием *кратчайший путь успешного функционирования*. Этот путь представляет собой такую конъюнкцию элементов, ни один из компонентов которой нельзя исключить, не нарушив условия функционирования системы. Используя это понятие, условия работоспособности системы можно записать в виде дизъюнкции всех кратчайших путей успешного функционирования (ДНФ), а также перейти к вероятностной функции, с помощью которой определяются характеристики надежности. Для перехода к вероятностной функции от ДНФ преобразуем выражение  $F_n$  к неповторной форме функции алгебры логики (БФАЛ):

$$F_n = a(1 \cup b \cup bc) \cup b(1 \cup c \cup ac) \cup c(1 \cup a \cup ab) = a \cup b \cup c, \quad (2)$$

Представив эту функцию в виде:

$$F_a = a + b + c - (ab + ac + bc) + abc, \quad (3)$$

можно заменить события их вероятностями:

$$P_c = P_a + P_b + P_c - (P_a P_b + P_a P_c + P_b P_c) + P_a P_b P_c. \quad (4)$$

Таким образом, время бесперебойной работы системы, состоящей из N параллельно соединенных элементов, будет равна:

$$T_1(\text{ср}) = \int_0^{\infty} P_1 c(t) dt = \int_0^{\infty} [(P_1 1 + P_1 2 + \dots + P_1 n) - (P_1 1 P_1 2 + P_1 1 P_1 3 + \dots + P_1 n + [P_1 1 P_1 2 P_1 3 + P_1 1 P_1 2 P_1 4 + \dots] - \dots + P_1 1 P_1 2 \dots P_1 n)] dt \quad (5)$$

Интенсивность отказов системы можно определить из соотношения:

$$\lambda_c(t) = \frac{1}{1 - (1 - e^{-\lambda_0 t})^N} \frac{d \left( [1 - e^{-\lambda_0 t}] \right)^N}{dt} = \frac{N \lambda_0 (1 - e^{-\lambda_0 t})^{N-1}}{1 - (1 - e^{-\lambda_0 t})^N} e^{-\lambda_0 t}. \quad (6)$$

Причиной отказов могут быть различные ошибки, включая ошибки: в работе ЭВМ и периферийного оборудования; в межмодульных соединениях; возникающие по вине человека; возникающие вследствие воздействия факторов окружающей среды, в том числе ошибки, возникающие вследствие отклонения характеристик источников питания.

Перечисленные виды ошибок можно исключить путем применения различных способов резервирования аппаратной части системы. В качестве этих способов может использоваться статическое, динамическое или гибридное резервирование [2].

Вероятность безотказной работы нерезервированной системы в течение времени T равна

$$R = e^{-\lambda T}, \quad (7)$$

где  $\lambda$  – интенсивность отказа системы, T – наработка на отказ.

Для повышения надежности аппаратно-программной части информационной среды промышленного предприятия можно использовать метод построения модульной системы с резервированием. Например, аналогичная система с



тройным резервированием состоит из трех одинаковых элементов, реализующих одну логическую переменную, значение которой определяется с помощью мажоритарной схемы. Тогда вероятность безотказной работы модульной системы с тройным резервированием определяется из соотношения следующего вида:

$$R = R^3 + 3(1 - R)R^2 = R^2(3 - 2R) \quad (8)$$

В случае несовершенной мажоритарной схемы вероятность будет равна

$$R = R^2(3 - 2R)R_M, \quad (9)$$

где  $R$  – вероятность безотказной работы каждого элемента,  $R_M$  – вероятность безотказной работы мажоритарной схемы.

Разнообразные классы систем могут быть взаимосвязаны благодаря присутствию в них основного звена – человека. Однако человек является дополнительным источником ошибок. Так, например, частота отказов в технической системе по вине человека колеблется от 20 до 80 %.

Показатель надежности всей системы можно определить из соотношения следующего вида:

$$P_S(t) = P_{\text{ч}}(t)P_{\text{м}}(t), \quad (10)$$

где  $P_S$  – показатель надежности всей системы,  $P_{\text{ч}}$  – показатель надежности человека,  $P_{\text{м}}$  – показатель надежности аппаратно-программной компоненты.

Ошибку, зависящую от человеческого фактора, можно определить как невыполнение поставленной задачи (или выполнение запрещенного действия). Невыполнение этой задачи или, наоборот, выполнение запрещенного действия могут явиться причиной повреждения оборудования либо нарушения нормального хода запланированной работы аппаратно-программной компоненты системы. Для предотвращения возникновения ошибок определим функцию надежности работы человека в непрерывной временной области. Совместная вероятность безошибочной работы может быть выражена моделью следующего вида:

$$P\left(\frac{E_2}{E_1}\right)P(E_1) = P(E_1) - P\left(\frac{E_2}{E_1}\right)P(E_1), \quad (11)$$

где  $P\left(\frac{E_2}{E_1}\right) = e(t)\delta t$ ,  $e(t)$  – частота появления ошибок по вине человека в момент времени  $t$ ,  $\overline{E_2}$  – событие, заключающееся в появлении ошибки человека в интервале времени  $[t, t + \delta t]$ .

Данное выражение можно переписать в виде:

$$R_{\text{ч}}(t) - R_{\text{ч}}(t)P\left(\frac{E_2}{E_1}\right) = R_{\text{ч}}(t + \delta t), \quad (12)$$

где  $R_{\text{ч}}(t)$  – вероятность безошибочной работы человека.

В предельном случае имеем, что:

$$\frac{dR_{\text{ч}}(t)}{dt} = -e(t)R_{\text{ч}}(t) \quad (13)$$



Решение данного дифференциального уравнения при начальных условиях

$$\int_0^t e(t)dt = - \int_1^{R_h(t)} \frac{1}{R_h(t)} dR_h(t) \quad (14)$$

имеет вид

$$R_h(t) = e^{\int_0^t e(t)dt}. \quad (15)$$

Полученное выражение (15) для определения вероятности безошибочной работы человека может быть использовано в качестве основы для формирования механизма предупреждения возникновения ошибок работы человека в непрерывной временной области.

Таким образом, предлагаемый подход для оценки и повышения надежности информационных сред промышленного предприятия, в основе которого лежат методы теории надежности технических средств и устройств, позволяет повысить надежность и эффективность проектирования сложных информационных систем, учитывая наличие человеческого фактора как источника основных отказов.

### Литература

1. Черкесов Г.Н. Надежность аппаратно-программных комплексов: Учеб.пособ. – СПб.: Питер, 2005. – 479 с.
2. ГОСТ 27.205. Надежность в технике. Проектная оценка надежности сложных систем с учетом технического и программного обеспечения и оперативного персонала.

А.В. Докучаев

## ВВЕДЕНИЕ ФИКТИВНЫХ ДУГ В ПРОЦЕССЕ ПОСТРОЕНИЯ СЕТЕВЫХ МОДЕЛЕЙ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

(Самарский государственный технический университет)

Задача построения сетевых моделей в виде ориентированных графов – пример одного из наиболее распространённых и успешных приложений дискретной математики в разнообразных областях: моделировании сложных технических систем [1-3, 6], управлении разработками программного обеспечения, планировании эксперимента и др.

Широкий спектр приложений диктует необходимость самых различных математических постановок задачи, значительно усложняющих решение. В частности, в настоящее время отсутствует экономный алгоритм решения практически важной задачи оптимального вложения дополнительного ограниченного ресурса, ускоряющего выполнение отдельных работ сложного проекта.