

*Технические средства обеспечения информационных процессов*

**ГЕРТ-СЕТЕВОЙ АНАЛИЗ  
МУЛЬТИВЕРСИОННЫХ АРХИТЕКТУР  
ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ**

Ковалёв П.В.

Программное обеспечение, являясь неотъемлемой составляющей коммерческих и специальных систем управления и обработки информации, проникает во многие области современной жизни, но, несмотря на столь широкое распространение, программное обеспечение едва когда-либо было совершенно. На сегодняшний день разработаны различные методы проектирования отказоустойчивого программного обеспечения. Среди них одним из наиболее перспективных является метод мультиверсионного проектирования.

Однако, учитывая сложность мультиверсионных систем обработки информации, множество параметров системы, которые могут изменяться во времени, прогнозировать время завершения задачи, а также надежность системы, основываясь на статических или детерминированных моделях систем или программ, достаточно сложно, а в некоторых случаях просто невозможно. Это обстоятельство представляется научной проблемой,

выражающейся в необходимости поиска новых подходов к анализу надежности, а также временных характеристик работы программного обеспечения построенного на основе мультиверсионной архитектуры.

Одним из таких подходов является графоаналитический метод основанный на использовании ГЕРТ сетей. Основное достоинство этого подхода заключается в том, что он может быть успешно применен к решению практически любой задачи, и дает возможность составить формальные процедуры для определения качественных характеристик системы [1].

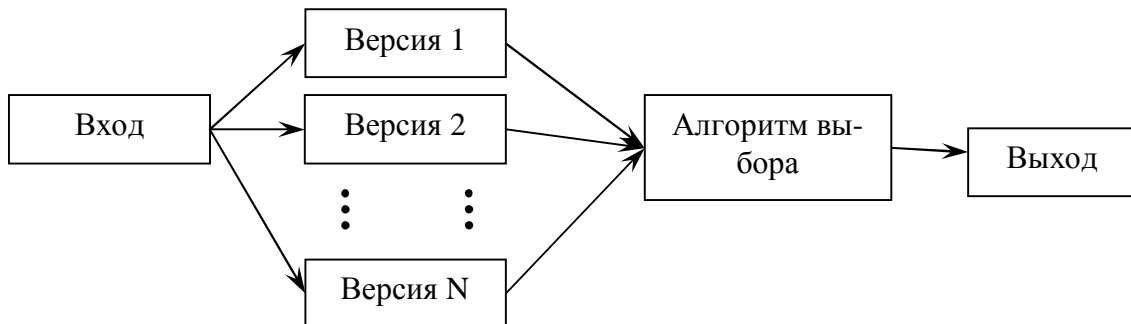
Опишем модель N-версионного программирования [2] (рис. 1) в виде ГЕРТ сети (рис. 2) и рассчитаем её основные характеристики, при условии, что количество мультиверсий  $N = 3$ , а остальные параметры описаны в табл. 1.

Узлы стохастической сети (рис. 2) могут быть интерпретированы как состояния системы, а дуги — как переходы из одного состояния в другое. Такие переходы можно рассматривать как выполнение обобщенных операций, характеризующихся плотностью распределения, или функцией массы, и вероятностью выполнения.

**Таблица 1.**

Характеристика операций

Ветвь	Вероятность что операция будет выполнена ( $p_i$ )	Тип распределения	Параметры (мс)
(1,4)	0,85	нормальное	$m=0,5$ $\sigma=0,1$
(2,4)	0,85	нормальное	$m=0,5$ $\sigma=0,1$
(3,4)	0,85	нормальное	$m=0,5$ $\sigma=0,1$
(4,выход)	0,99	нормальное	$m=2$ $\sigma=0,5$



**Рис. 1.** Модель N-версионного программирования

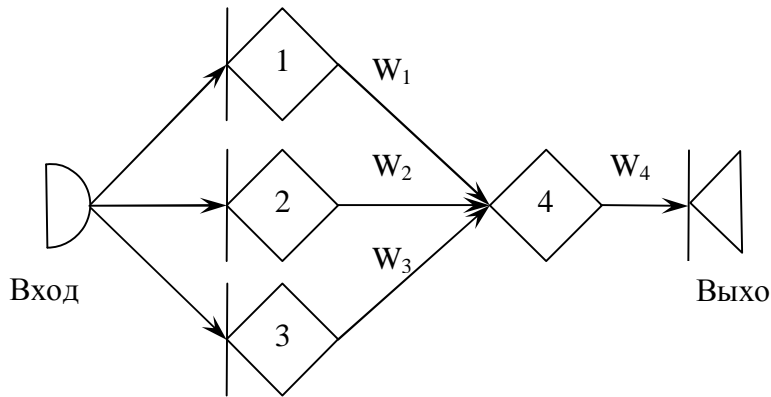


Рис. 2. Модель N-версионного программирования в виде ГЕРТ сети

Каждый внутренний узел стохастической сети выполняет две функции, одна из которых касается входа в узел, а другая — выхода. Обычно эти функции называют входной и выходной.

- Входная функция. Она определяет условие, при котором узел может быть выполнен.

- Выходная функция. Она определяет совокупность условий, связанных с результатом выполнения узла. Другими словами, с помощью выходной функции указывается, должны ли выполняться все операции, которым данный узел непосредственно предшествует, или только одна из них.

Отметим, что начальный узел сети выполняет только выходную функцию, в то время как конечный узел — только входную [3].

Рассмотрим виды входных функций:

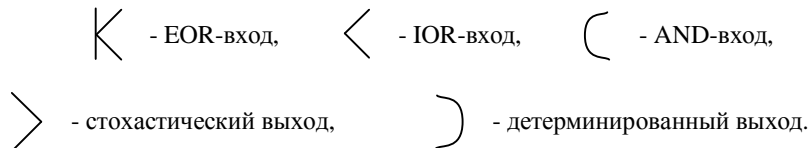


Рис. 3. Графическое обозначение входных и выходных функций ГЕРТ-сети

Комбинируя все входные и выходные функции (рис. 3), получаем шесть различных типов узлов. Активация узла означает, что система перешла в некоторое состояние и определяет множество возможных дальнейших действий. Одно или несколько действий начинают свое выполнение сразу после активации узла, являющегося их началом. Активация узла происходит, если его входная функция выполнена. После выполнения выходной функции активированного узла (начала выполнения соответствующей дуги) он становится неактивным [1].

Необходимым и достаточным условием функционирования мультиверсионного модуля является выполнение хотя бы одной мультиверсии. Вот почему узел 4 на рис.2 является узлом с IOR входом. Выбор данного типа узла связан с

1. AND-функция – узел активируется, если выполнены все дуги, входящие в него.

2. IOR-функция – узел активируется, если выполнена любая дуга, входящая в него.

3. EOR-функция – узел активируется, если выполнена любая дуга, входящая в него, при условии, что в данный момент времени может выполняться только одна дуга, входящая в данный узел.

Рассмотрим виды выходных функций:

1. Детерминированная функция – все дуги, выходящие из узла, выполняются, если узел активирован.

2. Стохастическая функция – ровно одна дуга, выходящая из узла, выполняется с заданной вероятностью, если узел активирован.

тем, что по определению этот узел активируется при выполнении любой дуги входящей в него.

Рассмотрим расчет сети содержащей IOR вход и детерминированный выход рис. 4, состоящей из нескольких подсетей рис. 5.

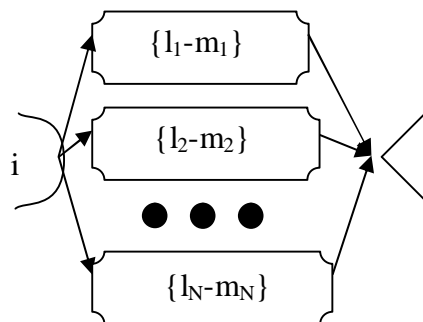


Рис. 4. IOR-вход

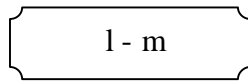


Рис. 5. Произвольная подсеть с начальным узлом l и конечным узлом m

Необходимо учитывать, что j – вычисляемый IOR-вход, имеющий стохастическое начало в узле i. {l1-m1}, {l2-m2}, ..., {lN-mN} – N непересекающихся подсетей.

Пусть  $p_{ij}$  — вероятность того, что операция (i, j) будет выполнена при условии, что узел i выполнен, тогда имеем:

$$p_j = p_i \cdot [1 - (1 - p_{l1,m1k}) \cdot (1 - p_{l2,m2k}) \cdot \dots \cdot (1 - p_{lN,mNk})] \tag{1}$$

Учитывая что от входа до узла 4 находится 3 непересекающиеся подсети, в данном частном случае, используя выражение (1) получим:

$$p_4 = p_{\text{вход}} \cdot [1 - (1 - p_1) \cdot (1 - p_2) \cdot (1 - p_3)] = 1 - (1 - 0,85)^3 = 0,996625 \tag{2}$$

Итак, воспользовавшись правилом Мейсона для замкнутых потоковых графов получим эквивалентную W-функцию [3] для этой сети:

$$W_E(s) = W_{\Sigma}(s) \cdot W_4(s) = 0,9966e^{0,5 \cdot s + \frac{1}{2} \cdot 0,1^2 \cdot s^2} \cdot 0,99e^{2 \cdot s + \frac{1}{2} \cdot 0,5^2 \cdot s^2} = 0,9866e^{2,5 \cdot s + 0,13 \cdot s^2} \tag{3}$$

Легко проверить, что в рассматриваемой задаче  $W_E(0) = 0,9866$ . Данную величину можно интерпретировать как вероятность безотказной работы мультиверсионного ПО. В свою очередь математическое ожидание времени работы равно:

$$\mu_{1E} = \left. \frac{\partial M_E(s)}{\partial s} \right|_{s=0} = \left. \frac{\partial \left( \frac{W_E(s)}{W_E(0)} \right)}{\partial s} \right|_{s=0} = 2.5 \text{ мс} \tag{4}$$

И дисперсия

$$\mu_{1E} = \left. \frac{\partial^2 M_E(s)}{\partial s^2} \right|_{s=0} = 6.51 \text{ мс}^2 \tag{5}$$

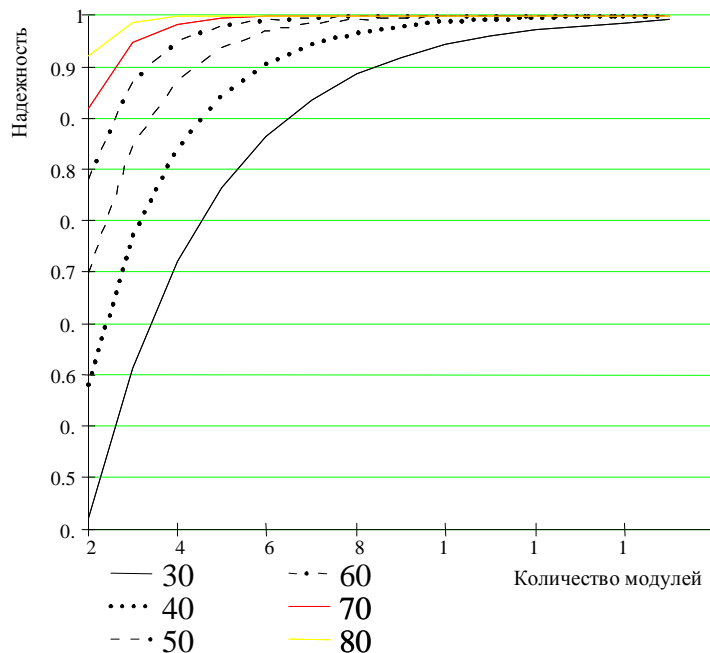


Рис. 6. Зависимость между числом мультиверсионных модулей и надежностью системы

Следует заметить, что при расчет сети содержащей IOR вход и детерминированный выход, если все подсети рис.4 представляют собой мультиверсионный модули с одинаковой надежностью, то формула (1) может быть сведена к виду

$$P_j = p_i \cdot [1 - (1 - p_{1,m})^n] \quad (6)$$

Зависимость между числом мультиверсионных модулей и надежностью системы демонстрирует рис. 6. На оси X обозначено количество мультиверсий, на оси Y – надежность системы для разного количества модулей с разной надежностью каждого модуля (от 30 до 80%)

Таким образом, графоаналитический метод основанный на использовании ГЕРТ сетей является перспективным, так как позволяет аналитически оценить качественные характеристики мультиверсионного ПО любой сложности без построения громоздких имитационных сред и комплексов программ. Кроме того, расчеты показали, что с увеличением числа модулей надежность системы растет, что подтверждает перспек-

тивность использования мультиверсионного подхода для повышения надежности ПО.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Ковалёв, П.В. Определение надежности мультиверсионного программного обеспечения с использованием методов анализа сетей / П.В. Ковалёв, А. Н. Лайков, С. Н. Гриценко // Вестник СибГАУ. 2009. № 1(22) в 2 частях. Часть 2. с. 55-60.
2. Algirdas Avizienis, The Methodology of N-Version Programming, in R. Lyu, ed itor, Software Fault Tolerance, John Wiley & Sons, 1995.
3. Филлипс, Д., Гарсиа-Диас, А. Методы анализа сетей / Д. Филлипс, А. Гарсиа-Диас. М.: Мир, 1984.

### *Церебральные осложнения в травматологии*

#### **СИСТЕМА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ, ПРОФИЛАКТИКИ, РАННЕЙ ДИАГНОСТИКИ И ЛЕЧЕНИЯ ЦЕРЕБРАЛЬНЫХ ОСЛОЖНЕНИЙ ОЖОГОВОЙ ТРАВМЫ**

Хрулёв С.Е.

ФГУ «ННИИТО Росмедтехнологий»  
Нижний Новгород, Россия

В систему прогнозирования, ранней диагностики, профилактики и лечения церебральных осложнений ожоговой травмы входят: алгоритм их прогнозирования у взрослых, комплекс профилактических и диагностических мероприятий, проводимых взрослым ожоговым больным с высоким риском развития церебральных осложнений, прогнозирование и профилактика церебральных осложнений у детей с ожогами, лечебный комплекс различных церебральных осложнений ожоговой травмы.

При поступлении больного с ожоговой травмой в стационар врачом-комбустиологом всегда оценивается площадь ожоговых ран и индекс тяжести поражения. Оценка риска развития патологии головного мозга и последующая консультация невролога необходимы при наличии у больного хотя бы одного из нижеперечисленных признаков:

- изменении сознания пациента (количественного или качественного);
- индекса Франка свыше 60 единиц;
- сочетания сопутствующей гипертонической болезни с ишемической болезнью сердца или перенесённым инсультом.

Оценку следует проводить в критические для головного мозга сроки, а именно – при поступлении, на 5 и 16-18 сутки после ожоговой травмы.

Первым этапом у всех взрослых с ожоговой травмой в момент поступления и в соответствующие критические сроки (5 и 16-18 сутки) должны быть уточнены возраст, площадь и глубина ожога; анамнестические сведения: перенесенные инсульт(ы) и черепно-мозговая травма; сопутствующая патология: гипертоническая болезнь, ишемическая болезнь сердца, хронический алкоголизм; выполнены общий и биохимический анализы крови. Полученные сведения необходимы для оценки возможности развития церебрального осложнения у обожженного с помощью алгоритма. В его основу легли способы прогнозирования различных церебральных осложнений при ожоговой травме, подтвержденные патентами РФ.

Неотъемлемой частью алгоритма являются комплексы профилактических и диагностических мер, проводимых у ожоговых больных с высоким риском развития церебральных нарушений, используемые сразу после их выявления и отображенные в виде таблиц.

При развитии церебральных осложнений, вследствие неэффективности или несвоевременности профилактических мероприятий выполняется третий этап ведения больного, представленный в таблице лечения церебральных осложнений ожоговой травмы.

У детей с ожоговой травмой необходимы уточнение возраста, тяжести поражения и шока, сведения о перенесенной или имеющейся патоло-