

УДК 004.05

## О ГРАФО-ЛОГИЧЕСКИХ МОДЕЛЯХ ВЗВЕШЕННЫХ СИСТЕМ

*К.В. Морозов, В.А. Романкевич, В.В. Олейник*

*Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт».  
03056, г. Киев, пр-т Победы, 37, кафедра Системного программирования и  
специализированных компьютерных систем. e-mail: romankev@scs.ntu-kpi.kiev.ua*

В докладе рассматриваются многопроцессорные системы управления сложными объектами, в частности, критического применения, отказ которых может угрожать жизни или здоровью людей, нанести существенный материальный или экологический ущерб и т.д. Такие системы управления должны быть чрезвычайно надежными, потому их обычно делают отказоустойчивыми. Разработчику отказоустойчивых многопроцессорных систем (ОМС) важно иметь возможность оценивать показатели надежности создаваемой системы, в частности, для того, чтобы убедиться, что она соответствует поставленным требованиям, а если это не так, модифицировать ее тем или иным способом.

Система, состоящая из  $n$  процессоров, которая остается работоспособной при отказе не более, чем  $m$  любых своих процессоров, называется базовой. Надежность базовых систем можно рассчитывать различными способами, например, методом Рушди [1]. Однако, к сожалению, не все системы являются базовыми, например взвешенные системы [2]. В этих системах каждому процессору соответствует некоторый неотрицательный вес. Этот вес может определяться разными характеристиками, в частности, показателями производительности того или иного процессора. Система остается работоспособной до тех пор, пока сумма весов всех работоспособных процессоров не меньше, чем некоторое пороговое значение.

Расчет надежности таких систем удобно выполнять статистическими методами. Отметим, что известные графо-логические или GL-модели [3], применяемые для расчета надежности ОМС, ориентированы как раз на использование таких методов.

GL-модель представляет собой неориентированный граф, каждому ребру которого соответствует булева функция, называемая реберной функцией. Эта функция зависит от индикаторных переменных, значения которых соответствуют состояниям процессоров системы: «1», если процессор работоспособен и «0» – если неисправен. Вектор, содержащий переменные, соответствующие всем процессорам системы, называется вектором состояния системы. Если реберная функция принимает значение, равное нулю, то соответствующее ей ребро исключается из графа. Связный граф модели соответствует работоспособному состоянию системы. Потеря графом связности соответствует потере системой работоспособности.

Базовым системам соответствуют базовые GL-модели. Модель базовой системы, состоящей из  $n$  процессоров и устойчивой к отказу  $m$  из них, обозначается  $K(m,n)$ . В [4] был описан способ построения таких моделей на

основе циклического графа. В докладе предлагается метод построения GL-моделей взвешенных систем на основе базовых моделей.

Системе, состоящей из  $n$  процессоров, каждому из которых соответствует целый неотрицательный вес  $w_i$  (где  $i=1,2,\dots,n$ ), остающейся работоспособной до тех пор, пока сумма весов всех ее работоспособных процессоров не меньше, чем порог  $t$ , будет соответствовать модель  $K(w-t,w)$ , где  $w$  – сумма весов всех процессоров системы. Для получения входного вектора такой модели необходимо в векторе состояния системы каждую переменную продублировать несколько раз, в соответствии со значением веса процессора. Также отметим, что повторяющиеся переменные зачастую позволяют упростить выражения реберных функций построенной модели.

Если значения весов и/или порога представлены в виде обыкновенных дробей, то сначала необходимо найти их общий знаменатель  $d$ . Далее значения всех весов, равно как и порога, умножаются на  $d$  и задача сводится к построению модели системы с целыми весами.

Следует отметить, что показатели надежности взвешенных систем возможно рассчитывать и другими способами. Так, вычисление суммы всех работоспособных процессоров и сравнение ее с порогом может оказаться проще, чем работа с моделью. Однако преимуществом предложенного подхода является возможность трансформации моделей, например, для случаев, когда разработчику понадобилось построить систему, которая по-разному реагирует на появление векторов с одинаковым весом: на некоторых остается работоспособной, а на других – выходит из строя. Такая трансформация моделей описана, в частности, в [5].

### Литература

1 Rushdi A.M. Utilization of symmetric switching functions in the computation of k-out-of-n system reliability / A. M. Rushdi // *Microelectronics and Reliability*. — 1986. — R 26(5). — P. 973—987.

2 Kuo W., Zuo M.J. Optimal reliability modeling: principles and applications./W. Kuo, M.J. Zuo. — New York: «JOHN WILEY & SONS, INC.», 2003. — 544p.

3 Романкевич А.М., Карачун Л.Ф., Романкевич В.А. Графо-логические модели для анализа сложных отказоустойчивых вычислительных систем // *Электронное моделирование*. – Т.23, No1. – 2001. – С.102-111.

4 Романкевич В.А., Потапова Е.Р., Бахтари Хедаятоллах, Назаренко В.В. GL-модель поведения отказоустойчивых многопроцессорных систем с минимальным числом теряемых рёбер // *Вісник НТУУ “КПІ”*. – Інформатика, управління та ОТ. – No45. – 2006. – С.93-100.

5 Романкевич А.М., Иванов В.В., Романкевич В.А. Анализ отказоустойчивых многомодульных систем со сложным распределением отказов на основе циклических GL-моделей // *Электронное моделирование*.-№5, т.26, 2004.- С.67-81.