

К ВОПРОСУ АНАЛИЗА ОГРАНИЧЕНИЙ ГЕРТ-СЕТЕЙ

Сарамуд М.В.

Научный руководитель – д.т.н. Ковалев И.В.

Сибирский федеральный университет

Метод ГЕРТ- сетевого анализа, разработанный в 1966 году, многие годы практически не использовался на практике из-за высокой сложности расчета ГЕРТ-сетей, моделирующих реальные процессы, однако, в последние годы стали появляться работы, развивающие ГЕРТ-сети. Существуют две основные причины возобновления интереса к ГЕРТ-сетям: первая- повышение производительности вычислительной техники и появление возможности создания программного обеспечения, автоматизирующего трудоемкие расчеты, вторая- бурное развитие областей, процессы в которых наиболее удобно представить в виде ГЕРТ-сети, для расчета временных характеристик и надежности. Примерами могут выступать распределенные гетерогенные системы обработки информации, использующие в качестве вычислительных узлов персональные компьютеры пользователей во время простоя. Поскольку все узлы в подобных системах обладают различными характеристиками производительности, доступности в момент начала вычислений и вероятностью успешного завершения начатого вычисления, то метод ГЕРТ- сетевого анализа подходит для данных систем лучше традиционных методов расчета и позволяет спрогнозировать время выполнения задачи, вероятности успешного выполнения и отказов, выбрать оптимальные интервалы резервного копирования текущего состояния задачи для получения оптимальной производительности и надежности системы.

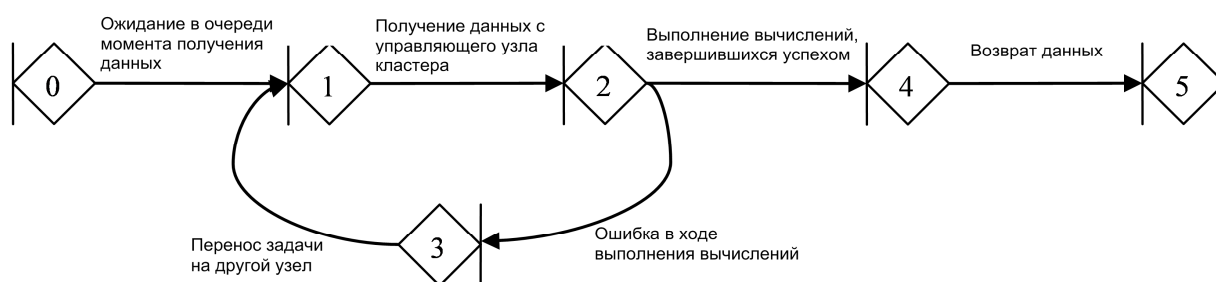


Рисунок 1 - Модель функционирования узла вычислительного кластера в виде ГЕРТ-сети

Другим примером могут служить мультиверсионные программные системы, конкретные состояния которых могут быть представлены узлами ГЕРТ-сети (можно сказать что при выполнении подсистемы *A* программа «пребывает» в состоянии *A* после чего система выходит из состояния *A* и начинается выполнение подсистемы *B*, так же моделируется параллельное выполнение различных мультиверсий), задав параметры всех мультиверсий и других узлов можно рассчитать надежность, время выполнения и другие характеристики всей системы.

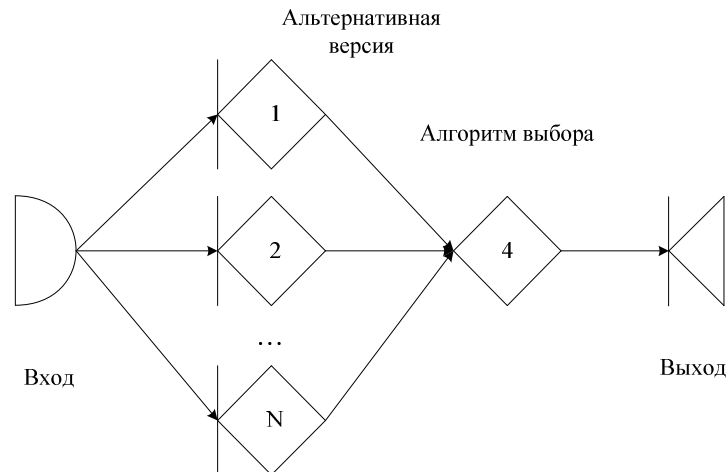


Рисунок 2 - Модель мультиверсионного программирования в виде ГЕРТ-сети

В качестве методов, способных учитывать стохастическую природу процесса, можно выделить три: Марковские цепи (полумарковский процесс восстановления), стохастические сети Петри с дополнительными переменными и ГЕРТ-сети. Рассмотрим преимущества и недостатки каждого из них.

Полумарковский процесс восстановления.

Преимущества:

- допускает использование произвольных функций распределения;
- разработаны методы расчета.

Недостатки:

- не позволяет моделировать системы, вероятность выполнения перехода между узлами в которых зависит от времени пребывания системы в данном состоянии;
- не позволяет рассчитывать наименьшее или наибольшее время двух случайных событий.

Стохастические сети Петри.

Преимущества:

- допускает использование произвольных функций распределения;
- позволяет реализовать сеть, в которой вероятность выполнения перехода между узлами зависит от времени пребывания системы в данном состоянии;
- разработаны методы расчета.

Недостатки:

- не позволяет рассчитывать наименьшее или наибольшее время двух случайных событий;
- результатом имитации с использованием сетей Петри является конкретная реализация событий, возникших в ходе имитационного эксперимента, для получения полной информации необходимо провести множество имитационных экспериментов.

ГЕРТ-сети.

Преимущества:

- допускает использование произвольных функций распределения;
- позволяет рассчитывать наименьшее или наибольшее время двух случайных событий;

Недостатки:

- не позволяет моделировать системы, вероятность выполнения перехода между узлами в которых зависит от времени пребывания системы в данном состоянии;

не разработаны методы расчета для произвольных сетей.

При всех своих преимуществах ГЕРТ-сети обладают существенным недостатком-методов расчета произвольной сети на сегодняшний день не разработано. Рассмотрим структурные ограничения.

Ограничение 1.

В течение каждого выполнения проекта для каждого стока активируется не более одного источника, из которого данный сток достигим.

Ограничение 2.

1. Для каждого допустимого подмножества R' множества R и для всех $i, j \in R', i \neq j$, развитие части сети, соответствующей $G(i)$, не влияет на развитие сети, соответствующей $G(j)$. $G(i)$ и $G(j)$ – независимы.
2. Для каждого допустимого множества Ψ и для любых $W_1, W_2 \in \Psi, W_1 \neq W_2$, развитие пути, соответствующего W_1 , не влияет на развитие пути W_2 . W_1 и W_2 – независимы.
3. Для любой дуги $\langle i, j \rangle$, произвольных натуральных i, j и вещественного $t \geq 0$ $P(D_{ij}^\alpha \leq t | \langle i, j \rangle$ выполняется α -й раз) не зависит от α и, если узел i – стохастический, то $P(B_i^\beta = \langle i, j \rangle | i$ активируется в β -й раз) не зависит от β .
4. Для любого $t \geq 0$ развитие проекта, начиная с времени t , условно независимо от времени до t (истории развития проекта) при условии, что состояние проекта во время t известно (свойство Маркова ГЕРТ-сети).

Ограничение 3.

Для каждого узла k произвольной циклической структуры C существует путь из k к узлу вне C , такой, что $r_{ij} > 0$ для каждой дуги $\langle i, j \rangle$ данного пути. Т.е. из каждого цикла есть выход с положительной вероятностью.

Ограничение 4.

Каждый узел, принадлежащий циклу, – STEOR узел.

Ограничение 5.

Каждый узел, имеющий более одного предка и не принадлежащий ни одному циклу, имеет AND- или IOR-вход.

Ограничение 6.

В течение всего времени выполнения ГЕРТ-сети, по крайней мере, одна входная дуга каждой циклической структуры выполняется.

ГЕРТ-сеть называется допустимой, если выполняются ограничения 1-6. Данные ограничения существенно сужают область применения ГЕРТ-сетей. Разработка методов расчета, позволяющих исключить некоторые ограничения, и методов приведения ГЕРТ-сетей к эквивалентным, но удовлетворяющим ограничениям, является актуальной задачей, решение которой позволит применять методы ГЕРТ-сетевого анализа к более широкому кругу задач.