

## Секция «Вычислительная математика и кибернетика»

### Метод сбалансированного выбора механизмов обеспечения отказоустойчивости для распределённых вычислительных систем реального времени

*Волканов Дмитрий Юрьевич*

*Соискатель*

*Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Факультет  
вычислительной математики и кибернетики, Москва, Россия*

*E-mail: dimawolf@cs.msu.su*

Под распределённой вычислительной системой реального времени (РВС РВ) будем понимать такую вычислительную систему, узлы которой распределены в пространстве, а правильность работы зависит не только от логических результатов вычислений, но и от промежутка времени, за который эти результаты были получены [5].

В данной статье задача сбалансированного выбора набора механизмов обеспечения отказоустойчивости (МОО) рассматривается для РВС РВ в следующей постановке. Пусть нам задана РВС РВ в виде набора модулей и структуры связей между модулями БВС. К каждому модулю применяется один МОО. Каждый модуль содержит не менее одного аппаратного и программного компонентов. Каждый компонент может иметь несколько версий. Количество аппаратных и программных компонентов в модуле зависит от МОО, используемого для модуля. Тем самым возникает несколько вариантов РВС РВ. Требуется выбрать сбалансированный набор вариантов модулей РВС РВ эффективный по определенным критериям на множестве вариантов РВС РВ.

Надо сразу отметить, что автору не удалось найти работ, где задача выбора сбалансированного набора МОО рассматривалась бы при ограничениях на время и стоимость. Наиболее близкой к рассматриваемой в данной статье является задача, в которой максимизируется надёжность вычислительной системы при ограничении на стоимость системы. Причём часть модулей системы может находиться в резерве. Задача в такой постановке рассматривалась разными исследователями начиная с 60-х годов прошлого века. В [3] было показано, что эта задача является NP-трудной. В [4] дан современный обзор методов решения данной задачи.

В данной работе ставится задача, которая является расширением рассматриваемой в литературе задачи. Расширение заключается в совместном рассмотрении аппаратной и программной частей системной надёжности и учёте ограничений на время выполнения программных компонентов. В настоящей работе, для решения поставленной задачи, предложен адаптивный гибридный эволюционный алгоритм (АГЭА). Этот алгоритм включает в себя процедуру автоматического изменения параметров и штрафование решений, не удовлетворяющих ограничениям. Была обоснована корректность данного алгоритма и проведено его экспериментальное исследование. Важно отметить, что ограничение на время выполнения программ проверялось при помощи имитационного моделирования. Разработанное программное средство для решения поставленной задачи интегрировано со средствами со средой моделирования ДИАНА[2] и средой конструирования специализированных алгоритмов оптимизации[1].

В рамках проведённого экспериментального исследования было показано, что предложенный в работе метод работает не хуже предложенного в статье [6], а на малой об-

ласти приемлемых решений лучше этого алгоритма. Необходимо отметить, что метод, предложенный в работе [6] не поддерживает учёт ограничений на время выполнения.

### **Литература**

1. Калашников А.В., Костенко В.А., Маркин М.И. Средства конструирования итерационных алгоритмов для решения задач комбинаторной оптимизации // Искусственный интеллект, 2004., No 2, С.91-95.
2. Bakhmurov A.G., Kapitonova A.P., Smeliansky R.L. DYANA: An Environment for Embedded System Design and Analysis // in Proc. of 5-th International Conference TACAS'99, Amsterdam, The Netherlands, March 22-28, 1999. Springer (LNCS Vol.1579), pp.390-404.
3. Chern M. S. On the computational complexity of reliability redundancy allocation in a series system // Operations Research Letters, vol.11, pp. 309-315, 1992.
4. Kuo W., Wan R. Recent Advances in Optimal Reliability Allocation. // Handbook of Military Industrial Engineering" by Adedeji B. Badiru, Marlin U. Thomas. 2009. N. 10. p.1-24.
5. Stankovic J. A. Real-time Computing. // Byte Magazine. 1992. 17. N 8. P. 155-160
6. Wattanapongsakorn N., Coit D.W. Fault-tolerant embedded system design and optimization considering reliability estimation uncertainly // Reliability Engineering and System Safety, 92, 395-407, 2007