

## АНАЛИЗ РАБОТ В ОБЛАСТИ ИССЛЕДОВАНИЯ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМ С МНОГИМИ СОСТОЯНИЯМИ ДЛЯ АДАПТАЦИИ ТЕХНИЧЕСКИХ МЕТОДОВ К СИСТЕМАМ ЭКСТРЕННОГО РЕАГИРОВАНИЯ

*Т. У. Есмагамбетов\**, *О. М. Шиккульская\*\**

*\*Карагандинский экономический университет Казпотребсоюза  
(Республика Казахстан)*

*\*\*Астраханский государственный  
архитектурно-строительный университет (Россия)*

Выполнен анализ работ в области исследования надежности технических систем с многими состояниями. Выявлены неисследованные области. Обоснованы направления дальнейших исследований. Сделан вывод о возможности применения технических методов к системам экстренного реагирования.

**Ключевые слова:** *система с множеством состояний, анализ, системный подход, DEA, системы экстренного реагирования.*

The works analysis in the field of the technical multi-states systems reliability research is made. Unexplored areas are revealed. The directions of further researches are proved. The conclusion is drawn on a possibility of technical methods application to the emergency reaction systems.

**Keywords:** *multi-state system, analysis, system approach, DEA, emergency reaction systems.*

Проектирование надежности системы предполагает повышение надежности/работы систем, особенно в таких сложных системах, как ядерные державы, электростанции, и т. д. При проектировании надежности системы элемент рассматривают как неделимую единицу (объект). В двоичной системе состояний у элемента может быть два состояния: хорошая работа и полный отказ [1]. В системах со многими состояниями элементы могут быть в различных состояниях, которые представляют различные степени эффективности элемента. Степень эффективности в данном случае отнесена в рабочий уровень функционирования элемента. Например, 100%-я степень эффективности означает, что машина работает на своей самой высокой скорости, и поэтому рабочие места - процесс с минимальным возможным временем обработки. Чтобы повысить надежность системы, может использоваться стратегия избыточности. Существуют два вида стратегий избыточности: активная и резервная. В активной стратегии избыточности все избыточные комплектующие используются при нулевом значении времени, в то время, как только один из них необходим в любой момент времени. С другой стороны, резервная стратегия избыточности категоризирована в три различные типа; а именно, холодный, теплый и горячий. В холодной резервной стратегии избыточности не предполагается от-

каз системных комплектующих до использования. В теплой резервной стратегии избыточности вероятность отказа избыточных комплектующих положительная. В горячей резервной стратегии избыточности отказ комплектующих системы не зависит от того, работает ли техническая система или находится в режиме ожидания, что схоже с активной стратегией избыточности с точки зрения математической формулировки [2]. Проблема распределения избыточности (RAP) касается оптимизации системной надежности на основе системного бюджета и системного веса посредством проектирования оптимальной комбинации рабочих и избыточных элементов. Однако, когда элементы системы — станки, которые могут не функционировать должным образом, любое исполнительное сокращение уменьшает время обработки машины, а также целой производственной системы. Последовательность *redundancyallocationproblem* (RAP) может использоваться для улучшения стабильности производственной системы посредством проектирования системы с избыточными элементами, в которой рабочие места завершают выполнение своих функций в более короткое время, что повышает эффективность производственной системы.

Для оптимизации надежности системы предлагается объединенная планирующая избыточность. Обычно станок работает при различных уровнях производительности, которые зависят при условии его эксплуатации. Поэтому станок можно рассматривать как элемент со многими состояниями. Производственная система, которая производит различные продукты, считается поточной. Избыточные элементы — избыточные станки, которые становятся активными, когда происходит сбой рабочего станка. В условиях производства, когда машина неактивна, вероятность отказа ниже чем тогда, когда она выполняет задание. С другой стороны, эта вероятность ее отказа не равна нулю. Соответственно, теплый резервный подход избыточности должен использоваться для предложенного состояния. По этой проблеме имеются некоторые исследования. Ouzineb и др. [3] предложил гибридный запрещенный генетическим алгоритмом поисковый подход, для выделения избыточности и планирования расширения. Sarhan [4] улучшил структуру эквивалентности надежности от простого ряда и параллельных систем к сложным системам. Затем Sarhan и др. [5] разработали различные проекты четырех независимых и идентичных компонентов в последовательно-параллельной системе. Они повысили надежность системы. Ramirez – Marquez и Coit [6] предложили новую методологию решения для проблемы выделения избыточности в последовательно-параллельной системе со многими состояниями с двоичными компонентами. Sharma и др. [7] изучил неоднородную проблему выделения избыточности для последовательно-параллельной системы со многими состояниями. Подход оптимизации муравьиной колонии был предложен для решения проблемы посредством нахождения оптимальных/близких оптимальных структур системы. Watcharasitthiwat и Warkein [8] представили улуч-

шенный алгоритм муравьиной колонии, обеспечив решение проблемы связи сети, рассмотрев экономику и аспекты надежности при проектировании сети. Azaron и др. [9] предложил генетический алгоритм (GA) для решения многоцелевой дискретной проблемы оптимизации надежности в  $k$  отличающемся модуле неподдающаяся ремонту холодно-резервная избыточная последовательно-параллельная система. Coelho [10] изучил проблемы оптимизации избыточности надежности, рассмотрев комбинацию Распределения Гаусса и хаотической последовательности, и представил эффективный алгоритм PSO для решения проблемы. Tavakkoli-Moghaddam и др. [2] предложили генетический алгоритм для решения проблемы распределения избыточности, когда или активная, или холодная резервная избыточность может быть отобрана для индивидуальных подсистем. Tian и др. [1] предложил подход для оптимизации избыточности в параллельном ряду системы со многими состояниями, в которой главные цели состояли в том, чтобы определить оптимальный уровень избыточности для каждой параллельной подсистемы и получить оптимальные значения переменных, влияющих на распределенную составляющую каждой подсистемы. Они использовали подход Маркова для идентификации распределений состояний компонент. Sheikha-lishahi и др. [11] представил новый гибридный алгоритм GA-DEA, чтобы решить многоцелевую  $k$  «из»  $n$  проблемы и определить предпочтительную политику. Предложенный алгоритм максимизирует полную надежность и доступность системы, одновременно минимизируя стоимость системы и длину очереди. Sheikhalishahi [12] рассмотрел планирование технического обслуживания. Так как проблема многокритериальная, для выбора предпочтительной политики используется метод анализа оболочки данных (DEA).

Анализ исследований показал, что не рассмотрено распределение избыточности эффекта при планировании работы параллельных серийных систем со многими состояниями для двух потоков производственной системы. Не рассмотрена также зависимость результата работы от продолжительности функционирования рабочих мест. Таким образом, целесообразно продолжить исследования в направлении минимизации времени завершения работы за счет применения стратегии избыточности. Сделан вывод о возможности применения технических методов к системам экстренного реагирования [13].

#### Список литературы

1. Tian Z, Levitin G, Zuo M. J. A joint reliability-redundancy optimization approach for multi-state series-parallel systems // Reliab. Eng. Syst. Saf. 2009. Vol. 94. P. 1568–1576.
2. Tavakkoli-Moghaddam R, Safari J, Sassani F. Reliability optimization of series-parallel systems with a choice of redundancy strategies using a genetic algorithm // Reliab. Eng. Syst. Saf. 2008. Vol. 93. P. 550–556.

3. Ouzineb M, Nourelfath M. Tabu search for the redundancy allocation problem of homogenous series-parallel multi-state systems // Reliab. Eng. Syst. Saf. 2008. Vol. 93 (8). P. 1257–1272.
4. Sarhan A. M. Reliability equivalence with a basic series/parallel system // Appl. Math. Comput. 2002. Vol. 132. P. 115–133.
5. Sarhan M. A., Al-Ruzaiza A. S., Alwasel I. A., El-Gohary A. I. Reliability equivalence of a series-parallel system // Appl. Math. Comput. 2004. Vol. 154 (1). P. 257–277.
6. Ramirez-Marquez J. E., Coit D. W. A heuristic for solving the redundancy allocation problem for multi-state series-parallel systems // Reliab. Eng. Syst. Saf. 2004. Vol. 83. P. 341–349.
7. Sharma V. K., Agarwal M., Sen K. Reliability evaluation and optimal design in heterogeneous multi-state series-parallel systems // Inf. Sci. 2011. Vol. 181. P. 362–378.
8. Watcharasitthiwat K., Wardkein P. Reliability optimization of topology communication network design using an improved ant colony optimization // Comput. Electr. Eng. 2009. Vol. 35. P. 730–747.
9. Azaron A., Perkgoz C., Katagiri H., Kato K., Sakawa M. Multi-objective reliability optimization for dissimilar-unit cold-stand by system using a genetic algorithm // Comput. Oper. Res. 2009. Vol. 36. P. 1562–1571.
10. Coelho L. D. S. An efficient particle swarm approach for mixed-integer programming in reliability-redundancy optimization applications // Reliab. Eng. Syst. Saf. 2009. Vol. 94. P. 830–837.
11. Sheikhalishahi M., Ebrahimipour V., Farahani M. H. An integrated GA-DEA algorithm for determining the most effective maintenance policy for a k-out-of-n problem // J. Intell. Manuf. 2013. Vol. 25 (6). P. 1455–1462. URL: <http://dx.doi.org/10.1007/s10845-013-0752-z>.
12. Sheikhalishahi M. An integrated simulation-data envelopment analysis approach for maintenance activities planning // Int. J. Comput. Integr. Manuf. 2014. Vol. 27 (9). P. 858–868.
13. Nan Feng, Shikulskaya Olga, Esmagambetov Timur, Song Tian-jiao, Zhang Li and Zhu Wen-xin. Assessment Methods Analysis of Models Reliability of Emergency Response in Emergency Situations // 2017 International Conference on Energy, Power and Environmental Engineering (ICEPEE 2017). April 23–24, 2017, Shanghai, China. P. 36–39.

УДК 614.841

## ПРИРОДНЫЕ ПОЖАРЫ КАК ОБЩАЯ ПРОБЛЕМА ПРИКАСНИЯ И ЕВРОПЫ

*А. Ю. Василькова, В. С. Мордовцев*

*Астраханский государственный  
архитектурно-строительный университет (Россия)*

Предметом данной статьи является анализ методов и средств тушения природных пожаров стран Европейского Союза с целью преемственности опыта и повышения эффективности противопожарной защиты природных ресурсов.

*Ключевые слова:* пожарная безопасность; международное сотрудничество; природные пожары.