

программами. Такой подход позволяет объединить достоинства обоих методов и защититься как от отказов по общей причине аппаратных средств, так и от ошибок программного обеспечения.

Таким образом, основными преимуществами использования диверситета являются:

- повышение стойкости к систематическим отказам в процессе проектирования, реализации, эксплуатации и технического обслуживания аппаратных и программных средств;

- снижение риска возникновения отказов по общей причине.

К недостаткам использования диверситета можно отнести:

- значительное увеличение стоимости разработки системы;

- сложность подтверждения различного поведения диверситетных каналов при возникновении случайных отказов аппаратных средств, систематических отказов (ошибок) проектирования, реализации аппаратных средств и ошибок в программном обеспечении;

- независимо от подхода в настоящее время нет эффективного метода, оценивающего уровень разнообразия (диверситета).

Однако следует отметить, что альтернативные методы решения задачи повышения стойкости к систематическим отказам и снижения риска возникновения отказов по общей причине не менее затратны и сложны. При этом каждый из альтернативных методов, в отличие от диверситета, решает только часть описанных выше проблем. Поэтому, несмотря на эти недостатки, применение диверситета в микроэлектронных системах автоматики и телемеханики является полностью оправданным.

УДК 681.518.5+004.052.32

ОБОБЩЕННАЯ ФУНКЦИЯ ПРЕДПОЧТЕНИЯ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ВОПРОСНИКОВ МЕТОДОМ КОРНЕВОГО ВОПРОСА

В. В. ХОРОШЕВ

Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва

Системы железнодорожной автоматики и телемеханики (СЖАТ) подвергаются постоянным нагрузкам в процессе эксплуатации. Для их бесперебойного функционирования необходимо производить процедуры обслуживания и диагностики. В связи с современными тенденциями постепенно переходят от периодического обслуживания объектов СЖАТ к обслуживанию по состоянию: постепенно происходит внедрение систем мониторинга [1]. Для обеспечения автоматизации диагностирования объектов СЖАТ в программных средствах систем мониторинга возможно применение различных способов: от экспертной оценки и самообучающихся компонентов до применения динамических способов формирования последовательностей расследования инцидентов. Последний вариант является, по мнению автора, весьма перспективным и может быть реализован с использованием теории вопросников [2, 3].

В теории вопросников основной задачей является оптимизация исходного вопросника по цене обхода. Для оптимизации применяются различные методы, самыми известными из которых являются метод динамического программирования, метод ветвей и границ, метод корневого вопроса и эвристические [3, 4]. Все методы имеют свои ограничения; например, в методе динамического программирования экспоненциально возрастает сложность с увеличением количества вопросов в вопроснике. Более простым способом оптимизации является метод корневого вопроса, но и данный метод оптимизации содержит ограничения, он работает в случае, когда между вопросами имеются отношения сравнения. Два вопроса y_1 и y_2 находятся в отношении сравнения в том случае, если подмножество какого-либо исхода одного из них является собственным подмножеством какого-либо исхода другого вопроса. Ранее А. Ю. Аржененко и его учениками было проведено исследование отношений сравнения между вопросами бинарного вида [4] и выведена функция предпочтения двух сравниваемых бинарных вопросов. Данная работа освещает результаты исследований отношений сравнения различных типов сравниваемых вопросов (не только бинарных). Производится поиск отношений сравнения между бинарным и тернарным вопросом, между тернарными вопросами. Автором на основе проведенных изысканий получена обобщенная функция предпочтения, которая может быть применима для любых типов сравниваемых вопросов (как бинарных, так и q -арных).

При проведении исследований было получено, что между бинарным и тернарным вопросом возможны только три варианта отношений сравнения. Установим изначальные условия. Имеется

множество идентифицируемых событий $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$, которые разбиваются вопросами y_1 и y_2 на непересекающиеся подмножества. Бинарный вопрос разбивает множество событий на два подмножества: $X_{y_1}^1 \subset X$, $X_{y_1}^0 \subset X$, $X \setminus (X_{y_1}^1 \cup X_{y_1}^0) = \emptyset$, тернарный – на три: $X_{y_2}^2 \subset X$, $X_{y_2}^1 \subset X$, $X_{y_2}^0 \subset X$, $X \setminus (X_{y_2}^2 \cup X_{y_2}^1 \cup X_{y_2}^0) = \emptyset$. Первый случай отношений – когда имеются одинаковые подмножества у сравниваемых вопросов $X_{y_1}^1 = X_{y_2}^2$, при этом $(X_{y_1}^1 \cup X_{y_1}^0) = X_{y_2}^0$. Второй – при $X_{y_1}^2 \subset X_{y_2}^1$, $X_{y_1}^0 \subset X_{y_2}^0$, когда $X_{y_1}^1 = ((X_{y_1}^1 \setminus X_{y_2}^1) \cup (X_{y_1}^1 \setminus X_{y_2}^0))$. Третий – при $(X_{y_1}^2 \cup X_{y_1}^1) \subset X_{y_2}^1$, $X_{y_1}^0 \subset X_{y_2}^0$, когда $(X_{y_1}^0 \setminus X_{y_2}^1 \cup X_{y_1}^0) = X_{y_2}^0$, $(X_{y_1}^2 \cup X_{y_1}^1 \cup X_{y_1}^0 \setminus X_{y_2}^1) = X_{y_2}^1$.

При сравнении тернарных вопросов может возникнуть пять вариантов отношений сравнения. Первый случай, как и в сравнении бинарного и тернарного вопроса, возникает в случае равенств одного из подмножеств сравниваемых вопросов, $X_{y_1}^2 = X_{y_2}^2$, при котором $X_{y_1}^1 \subset X_{y_2}^1$ и $X_{y_1}^0 \subset X_{y_2}^0$. Второй вариант сравнений, когда $X_{y_1}^0 = (X_{y_2}^1 \cup X_{y_2}^0)$ и $X_{y_2}^2 = (X_{y_1}^2 \cup X_{y_1}^1)$. Третий – $(X_{y_1}^2 \cup X_{y_1}^1) \subset X_{y_2}^2$ и $(X_{y_1}^1 \subset X_{y_2}^0) \subset X_{y_2}^0$. Четвертый и пятый – полное вхождение одного подмножества вопроса в подмножество другого сравниваемого с ним вопроса. Тут возможны два «подварианта», когда $X_{y_1}^2 \subset X_{y_2}^2$, $X_{y_2}^1 \subset X_{y_1}^1$ и $X_{y_1}^0 \subset X_{y_2}^0$, тут же наблюдается частичное вхождение $(X_{y_1}^1 \setminus X_{y_2}^2 \cup X_{y_1}^1 \setminus X_{y_2}^0) \subset X_{y_1}^1$ и $X_{y_2}^2 \setminus X_{y_1}^1 \subset X_{y_2}^2$, $X_{y_2}^0 \setminus X_{y_1}^1 \subset X_{y_2}^0$, и когда $X_{y_1}^2 \subset X_{y_2}^2$, $X_{y_2}^0 \subset X_{y_1}^0$, тут же наблюдается частичное вхождение $(X_{y_1}^1 \setminus X_{y_2}^2 \cup X_{y_1}^1 \setminus X_{y_2}^1) \subset X_{y_1}^1$ и $(X_{y_2}^1 \setminus X_{y_1}^2 \cup X_{y_2}^1 \setminus X_{y_1}^0) \subset X_{y_2}^1$, $X_{y_2}^0 \setminus X_{y_1}^1 \subset X_{y_2}^0$.

Основываясь на всех вычисленных отношениях сравнения, нетрудно вывести обобщенную функцию предпочтения, которая имеет вид:

$$\Phi(y_1, y_2) = \frac{c(y_1) + c(y_2) \sum_{p_j \in (X_{y_1} \setminus X_{y_2})} p_j}{c(y_2) + c(y_1) \sum_{p_j \in (X_{y_2} \setminus X_{y_1})} p_j}.$$

Функция предпочтения представляет собой отношение цены обхода вопросника $Q_{y_1 y_2}$ и цены обхода вопросника $Q_{y_2 y_1}$.

Данную функцию предпочтения возможно использовать при оптимизации вопросников различных видов методом корневого вопроса.

Выводы. Полученная функция предпочтения позволит в дальнейшем применять метод корневого вопроса для оптимизации вопросников с произвольными основаниями вопросов. При должной автоматизации процесса оптимизации вопросников появляется возможность на программном уровне реализовывать данную процедуру и, например, использовать сам метод для целей оптимизации времени обнаружения отказа при техническом диагностировании [5], что в свою очередь положительно отразится на временах обнаружения и поиска неисправности в устройствах СЖАТ.

Список литературы

- 1 Ефанов, Д. В. Функциональный контроль и мониторинг устройств железнодорожной автоматики и телемеханики: [монография] / Д. В. Ефанов. – СПб.: ФГБОУ ВО ПГУПС, 2016. – 171 с.
- 2 Picard, C. F. Théorie des Questionnaires / C. F. Picard. – Paris: Ganthier-Villars, 1965. – 127 p.
- 3 Пархоменко, П. П. Основы технической диагностики (оптимизация алгоритмов диагностирования, аппаратные средства) / П. П. Пархоменко, Е. С. Согомоян. – М.: Энергоатомиздат, 1981. – 320 с.
- 4 Аржененко, А. Ю. Оптимальные бинарные вопросники / А. Ю. Аржененко, Б. Н. Чураев. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 128 с.
- 5 Efanov, D. Testing of Relay-Contact Circuits of Railway Signalling and Interlocking / D. Efanov, A. Lykov, G. Osadchy // Proceedings of 15th IEEE East-West Design & Test Symposium (EWDTS 2017), Novi Sad, Serbia, September 29 – October 2, 2017. – Pp. 242–248, doi: 10.1109/EWDTS.2017.8110095.