

АНАЛИЗ ВЕРОЯТНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК АДАПТИВНОГО ПОРОГА ПРИ ОБНАРУЖЕНИИ АНОМАЛЬНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

Токарева С.В., Марчук В.И.

Южно-российский государственный университет экономики и сервиса

Рассмотрен способ адаптации порогового значения в зависимости от объёма выборки при обнаружении аномальных измерений. Проведен анализ статистических характеристик адаптивного порога при различных значениях вероятности ложной тревоги и определена функциональная зависимость от объема выборки, что позволяет осуществлять адаптацию порогового значения для обнаружения аномальных измерений при фиксированном, априорно задаваемом значении вероятности ложной тревоги.

Для обработки результатов анализа различных характеристик исследуемых объектов необходимо наличие достаточно большого статистического материала. Однако необходимый объём, для применения классических методов оценки результатов испытаний в большинстве случаев отсутствуют, что определяется временными, экономическими и ряда других ограничениями.

При использовании ограниченного объема априорных данных исходных результатов измерений существенное влияние на оценки статистических характеристик оказывают аномальные (сбойные) значения, которые существенно отличаются от основной массы измерений. Вероятность их появления объясняется различными причинами. Основной задачей при анализе такого рода измерений является их предварительное обнаружение и устранение не на основе визуального контроля, а в автоматическом режиме, так как объём выборок может быть весьма большим. По оценкам различных авторов «загрязненность» результатов измерений может достигать 2-10%, что существенно влияет на погрешность получаемых статистических оценок исходной реализации.

Обнаружение аномальных измерений возможно на основе использования метода размножения оценок, который предполагает использование адаптации порогового значения [1].

Величина порогового значения, как следует из работы [1], в данном методе определяется из выражения:

$$\varepsilon = A \cdot \bar{\sigma},$$

где $\bar{\sigma}$ – оценка среднеквадратического отклонения шумовой составляющей, A – некоторый постоянный множитель.

Использование в качестве множителя A постоянного значения не позволяет зафиксировать на требуемом уровне вероятность ложной тревоги α , то есть вероятность принятия не аномального значения за аномальное.

При фиксированном уровне вероятности ложной тревоги на каждом покрытии значение множителя A будет зависеть от структуры шумовой составляющей и, следовательно, его необходимо рассматривать как некоторую случайную величину.

Целью данной работы является определение и анализ статистических характеристик множителя A при фиксированном значении вероятности ложной тревоги, которые позволят осуществлять адаптацию порогового значения для каждого объёма выборки.

Для решения данной задачи использовался метод имитационного моделирования, с помощью которого при фиксированном значении α для выборок длиной от 5 до 10 значений исходной реализации случайного, стационарного, нормального процесса определялось значение множителя A , при котором обеспечивается заданное значение α .

Оценка усредненной дифференциальной плотности распределения случайной величины множителя A при различных объемах выборок определялось по 10000 реализациям. Нормированные оценки дифференциальных функций распределения при различных объемах выборок приведены на рис. 1.

Из анализа полученных результатов, представленных на рис. 1, можно сделать вывод, что дифференциальная функция распределения множителя A с увеличением объёма выборки стремится к нормальному закону распределения. При малых объемах выборок равных 5 и 6 – закон распределения существенно отличается от нормального закона. В связи с этим, в качестве рекомендуемого значения величины множителя A нецелесообразно использовать значение математического ожидания, так как это приведёт к снижению эффективности обнаружения аномального значения, так как пороговые значения будут определяться со значительными погрешностями. Экспериментально доказано, что более целесообразным является использование в качестве рекомендуемого значения величины множителя A , при определении порогового значения, величину моды, которое определяется по оценке дифференциальной функции распределения случайной величины A .

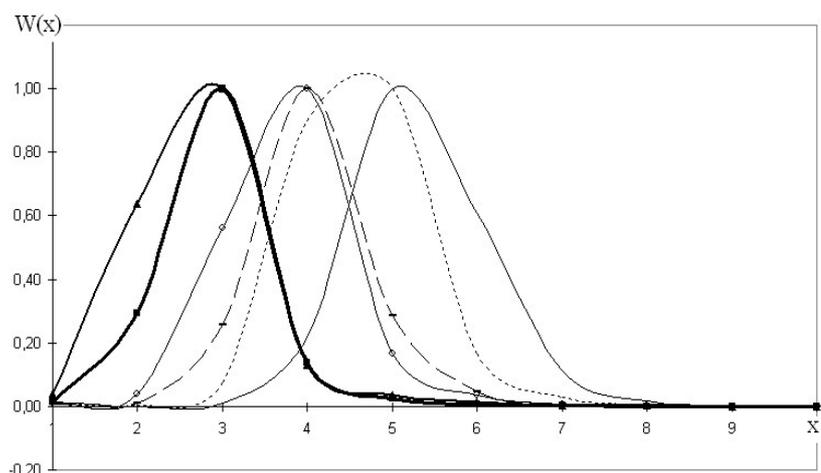


Рис.1. Оценки дифференциальной функции распределения множителя A

Таким образом, использование полученных результатов имитационного моделирования позволяет определить оптимальные значения множителя A для каждой длины выборки и значения доверительных интервалов с требуемым уровнем значимости.

Рассмотрим график зависимости значения моды оценки дифференциальной функции распределения множителя A от объема выборки исходного процесса, который представлен на рис.2.

Из анализа результатов, представленных на рис. 2, следует, что наблюдается функциональная зависимость значений множителя A от объема выборки, т.е. величина множителя A является нелинейной функцией от объема выборки. В связи с этим выбор постоянного значения множителя A приводит к увеличению погрешности величины порогового значения.

Следует также отметить, что с увеличением объема выборки наблюдается уменьшение величины доверительных интервалов оценки множителя A , как следует из анализа результатов представленных на рис. 2.

Использование полученной зависимости множителя $A = f(L)$ позволяет осуществлять адаптацию порогового значения не только в зависимости от оценки дисперсии шумовой составляющей, как это используется в работе [2], но также и в зависимости от значения множителя

$$A = f(L).$$

Таким образом, величина порогового значения является сложной функцией, то есть

$$\varepsilon = f(A(L), \bar{\sigma}).$$

Использование для адаптации порогового значения полученного выражения позволяет обнаруживать аномальные измерения при фиксированном, априорно задаваемом значении вероятности ложной тревоги.

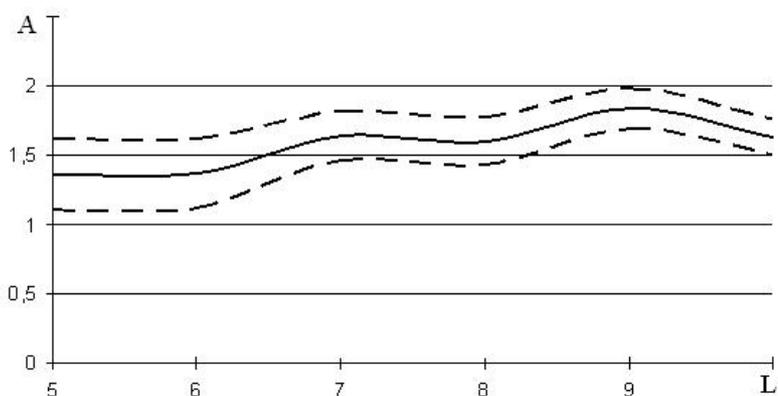


Рис.2. Зависимость моды оценки распределения множителя A от объема выборки

Таким образом, на основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

- полученные оценки дифференциальной функции распределения множителя A позволили обосновать выбор моды, а не среднеарифметического, в качестве значения множества A ;

- экспериментально доказана зависимость множителя $A = f(L)$, что позволяет проводить адаптацию величины порогового значения при обнаружении аномальных измерений;
- адаптация порогового значения позволяет обнаруживать аномальные измерения при фиксированном, априорно задаваемом значении вероятности ложной тревоги.

Литература

1. Марчук В.И. Первичная обработка результатов измерений при ограниченном объеме априорных данных: Монография / Под ред. К.Е. Румянцева. – Таганрог: Изд-во ТРГУ, 2003. –160 с.
2. Марчук В.И. Уланов А.П. Методы обнаружения и отбраковки аномальных результатов измерений В кн.: Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Техн.науки. 2001.№2. с.7-8

