

№ п/п	$T(XA), ^\circ C$	$T_1, ^\circ C$	$T_2, ^\circ C$	$\Delta T_1, ^\circ C$	$\Delta T_2, ^\circ C$
1	62	62,8	62,2	-0,8	-0,2
2	82	82,7	83,3	-0,7	-1,3
3	103	102,4	103,3	+0,6	-0,3
4	122	121,1	122,1	+0,9	-0,1
5	140	139,3	140,7	+0,7	-0,7
6	159	159,1	160,2	+0,1	-0,3
7	179	178,5	179,5	+0,4	-0,5
8	200	200,3	201,3	-0,3	-1,3
9	218	217,5	218,5	+0,5	-0,5
10	238	237,5	238,5	+0,5	-0,5
11	260	259,4	260,1	+0,6	-0,1
12	280	278,9	279,8	+1,1	+0,2
13	297,5	297,5	298,2	0	-0,7
14	319,5	318,4	319,8	+1,1	-0,3
15	331	329,9	330	+1,1	+1

Здесь $T(XA)$ – показания термомпары; T_1, T_2 – показания системы измерений по каналам 1 и 2; $\Delta T_1, \Delta T_2$ – абсолютные погрешности измерений.

Проведенные статистические измерения показали, что абсолютная погрешность измерений автома-

тизированной системы с использованием разработанного метода градуировки соответствует необходимой точности измерения температуры поршня ДВС и не превышает $\pm 1,5 ^\circ C$.

Использование предложенного отдельного способа градуировки системы, а именно отдельная градуировка ПИП и ПП в целом упрощает трудоемкий процесс калибровки многоканальной автоматизированной системы измерения температуры поршня ДВС.

Библиографические ссылки

1. Куликов В. А., Сяктерев В. Н., Корепанов Ю. В. Многоканальная система для измерений температуры поршня автомобильного дизеля // Науч.-техн. конф. «Ученые ИМИ – производству». – Ижевск : Изд-во ИМИ, 1990. – С. 110.
2. Куликов В. А., Сяктерев В. Н., Корепанов Ю. В. Измерительно-вычислительная система «Поршень» // Дискретные системы обработки информации : межвуз. сб. – Вып. 11. – Ижевск : Изд-во ИМИ, 1991. – С. 97–101.
3. Куликов В. А., Сяктерев В. Н., Корепанов Ю. В. Время-экспоненциальные преобразователи в системах ближней телеметрии // Ученые ИМИ – производству : тезисы конф. – Ижевск : Изд-во ИМИ, 1992. – С. 55–58.

V. A. Kulikov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

V. N. Syakterev, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

Calibration of Automated System Designed for Temperature Measurement of Internal Combustion Engine Pistons

Method of calibration of multichannel automated system designed for temperature measurement of internal combustion engine piston is presented.

Key words: internal combustion engine piston, temperature measurement, noncontact transmission, calibration.

УДК 681.322

И. З. Климов, доктор технических наук, профессор, Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова

АЛГОРИТМ ОБНАРУЖЕНИЯ ВТОРЖЕНИЙ В КАНАЛ СВЯЗИ

Решена задача обнаружения вторжений на канальном уровне. В качестве критерия обнаружения использовано статистическое расстояние Бхаттачария. Определены информационные последовательности, структура которых практически постоянна во временном интервале передачи сообщения. Приведены результаты расчетов выбранного показателя вторжения в канал связи.

Ключевые слова: обнаружение, канал, статистическое расстояние, временной интервал, расчет показателя, вторжение.

Наиболее точными методами оценки информационной безопасности используемого канала связи являются методы, основанные на тестовых последовательностях. Однако во многих случаях их невозможно применить из-за необходимости расхода дополнительного времени на получение такой оценки и ее частого обновления в нестационарных каналах связи. Поэтому в ряде случаев контроль вторжения целесообразно проводить по информационным последовательностям, если их структура содержит какие-либо неизменяемые во время сеанса связи параметры. Такие последователь-

ности можно встраивать в передаваемую информацию для оперативного контроля безопасности сети.

К таким практически неизменяемым параметрам относятся: постоянный вес кодовых групп, постоянный средний вес кодовых последовательностей определенной длины, повторяемость кодовых последовательностей или их частей.

В результате вторжения, приводящего к нарушению как конфиденциальности сети, так и несанкционированных воздействий, приводящих к угрозам типа отказа в обслуживании, появляются некоторые отличия в распределениях входных и выходных ин-

формационных потоках. Для определения отличия между распределениями представляется целесообразным воспользоваться мерами отличия, основанными на статистических расхождениях, в частности на расстоянии Бхаттачария [1, 2].

Для определенности рассмотрим возможность контроля по весовой структуре сигнала. Пусть длина кодового вектора равна n и известно распределение P_{vx} весов v_x передаваемых кодовых векторов. Пусть также P_{vy} – распределение весов наблюдаемых кодовых векторов. В результате воздействия вторжений на информационную последовательность возникают несанкционированные изменения исходных распределений P_{vx} и P_{vy} .

Расстояние Бхаттачария D_B между двумя дискретными распределениями P_{vx} и P_{vy} есть [4]

$$D_B = -\ln \sum_{i=0}^n \sqrt{P_{vx}(i)P_{vy}(i)}. \quad (1)$$

Распределение весов наблюдаемых кодовых векторов P_{vy} определяется произведением распределения веса кодовых векторов P_{vx} и переходных вероятностей $Q_{vx,vy}$ веса переданной комбинации в веса принятой комбинации [3]:

$$\bar{P}_{vy} = \bar{P}_{vx} \cdot Q_{vx,vy}. \quad (2)$$

Матрица переходных вероятностей Q_v зависит от качества канала связи и определяется вероятностями ошибок в принятых элементах кодовых векторов. Исходя из предположения, что ошибки на интервале длины кодового вектора независимы, распределение ошибок различного веса можно задать биномиальным законом распределения вероятностей:

$$\begin{aligned} P_{v1}(i) &= C_x^i P_{n1}^i (1 - P_{n1})^{v_x - i}; \\ P_{v0}(i) &= C_{n-x}^i P_{n0}^i (1 - P_{n0})^{n - v_x - i}, \end{aligned} \quad (3)$$

где v_x – вес переданного кодового вектора; i – вес ошибки в принимаемом кодовом векторе; v_x – вес передаваемого кодового вектора; $P_{v1}(i)$ – вероятность ошибки по единичным элементам в принимаемом кодовом векторе; $P_{v0}(i)$ – вероятность ошибки по нулевым элементам в принимаемом кодовом векторе; P_{n1} – вероятность ошибки приема единичного элемента кодового вектора; P_{n0} – вероятность ошибки приема нулевого элемента кодового вектора.

Вероятность перехода кодового вектора X с весом v_x в кодовый вектор Y с весом v_y при приеме можно определить произведением

$$Q_{vx,vy} = \sum_{l,k} P_{v0}(l) P_{v1}(k) \quad (4)$$

для всех $k = 0, 1, \dots, v_x$ и $l = 0, 1, \dots, (n - v_x)$, для которых выполняется равенство $l - k = v_y - v_x$.

Или, с учетом (3), уравнение (4) можно представить как

$$Q_{vx,vy} = \sum_{l,k} C_{n-vx}^l P_{n0}^l (1 - P_{n0})^{n-j-l} C_{vx}^k P_{n1}^k (1 - P_{n1})^{vx-k}. \quad (5)$$

Распределения весов принимаемого кодового вектора с учетом (2) и (5) принимает вид

$$P_{vy} = \sum_{vx=0}^n P_{vx} \sum_{l,k} C_{n-vx}^l P_{n0}^l (1 - P_{n0})^{n-j-l} C_{vx}^k P_{n1}^k (1 - P_{n1})^{vx-k} \quad (6)$$

для всех $k = 0, 1, \dots, v_x$ и $l = 0, 1, \dots, (n - v_x)$, для которых $l - k = v_y - v_x$.

Тогда, учитывая (6), расстояние Бхаттачария есть

$$D_B = -\ln \sum_{vx=0}^n \sqrt{P_{vx} \sum_{vx=0}^n P_{vx} \sum_{l,k} C_{n-vx}^l P_{n0}^l (1 - P_{n0})^{n-j-l} \times \rightarrow} \rightarrow C_{vx}^k P_{n1}^k (1 - P_{n1})^{vx-k}. \quad (7)$$

Для кодов с постоянным весом уравнение (7) упрощается:

$$D_B = -\ln \sqrt{\sum_{l,k} C_{n-vx}^l P_{n0}^l (1 - P_{n0})^{n-j-l} C_{vx}^k P_{n1}^k (1 - P_{n1})^{vx-k}} \quad (8)$$

для всех $k = 0, 1, \dots, v_x$ и $l = 0, 1, \dots, (n - v_x)$, для которых $l - k = 0$.

На рис. 1. приведены зависимости расстояния Бхаттачария для двух информационных последовательностей: для кодовых векторов с постоянным весом и длинами кодового вектора 4 и 7 для симметричного и несимметричного вектора. Там же приведены расстояния для неравновесного кода, если для передачи цифровой информации используются коды АСЦИ.

Анализ полученных результатов показывает:

1. Расстояние Бхаттачария зависит от вероятности ошибки в приеме единичного элемента P_{n1} и вероятности ошибки в приеме нулевого элемента P_{n0} кодового вектора.

2. Расстояние тем меньше, чем меньше вероятность ошибки в элементе кодового вектора.

3. Для симметричного кодового вектора при симметричном канале возникает неоднозначность, связанная с тем, что если вероятности ошибок P_{n0} и P_{n1} одинаковы и близки к 1, то расстояние Бхаттачария стремится к 0.

Такая зависимость следует из-за того, что при полной трансформации симметричного сигнала вес не меняется. В случае несимметричного сигнала такая связь выражена слабее. Зависимость менее выражена для канала с противоположной симметрией. Наибольшая разница в распределениях имеет место в случае, если одна из вероятностей ошибок приема элемента сигнала близка к нулю, а другая – к единице.

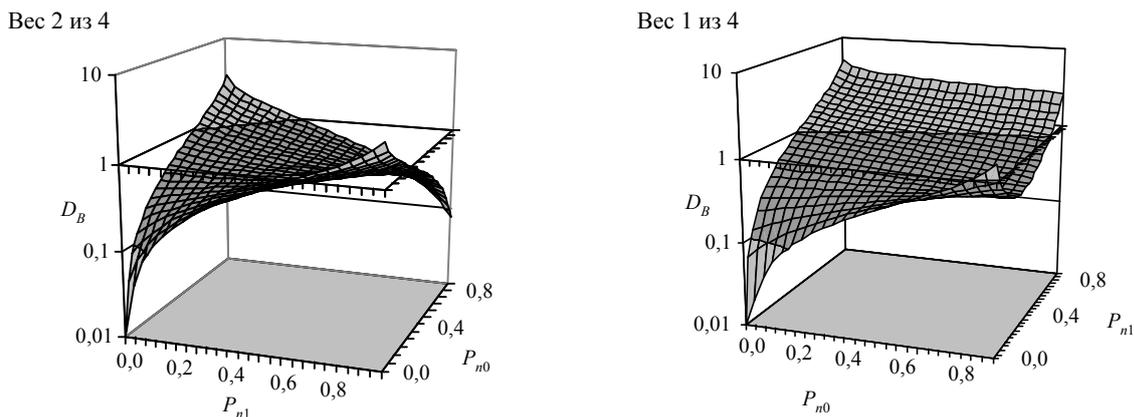


Рис. 1. Зависимости расстояния Бхаттачария D_B от вероятности ошибки приема нулевого элемента P_{n0} и единичного элемента P_{n1}

Проведенные расчеты показывают, что на апостериорное распределение веса в принимаемой последовательности кодовых векторов сильно влияние оказывают параметры канала связи – вероятность ошибки приема символа и симметрия канала связи. Можно предположить, что отклонения апостериорных распределений от априорных зависят от характеристик канала связи. В качестве параметров, используемых для оценки качества канала связи, лучше взять такие, которые наиболее просто измеряются, а их значения могут быть получены рекуррентно.

Используем для оценки качества канала связи отклонение первого и второго начальных моментов и средний квадрат отклонения веса принятого кодового вектора от априорного среднего веса:

$$\begin{aligned} \Delta m_1 &= m_1^* - m_1; \\ \Delta m_2 &= m_2^* - m_2; \\ KV &= \sum_{v_y} (v_y - m_1)^2 P_{v_y}, \end{aligned} \tag{9}$$

где m_1, m_2 первый и второй начальные моменты для распределения веса передаваемых кодовых векторов; m_1^*, m_2^* первый и второй начальный момент для распределения веса принимаемых кодовых векторов; v_y вес принятого кодового вектора.

На рис. 2, 3 приведены зависимости отклонения первого и второго начальных моментов Δm_1 и Δm_2 и среднего квадрата отклонения веса принятого кодового вектора от априорного среднего веса KV , рассчитанные для тех же значений, для которых были получены расстояния Бхаттачария.

Анализ полученных зависимостей (рис. 2, 3) показывает, что для отклонений первого Δm_1 и второго Δm_2 начальных моментов (независимо от величины ошибки в приеме элемента сигнала) имеют место такие вероятности ошибок P_{n1} и P_{n0} , при которых отклонения равны 0.

Однако совместный анализ Δm_1 и Δm_2 позволяет исключить выдачу ложной оценки о качестве канала.

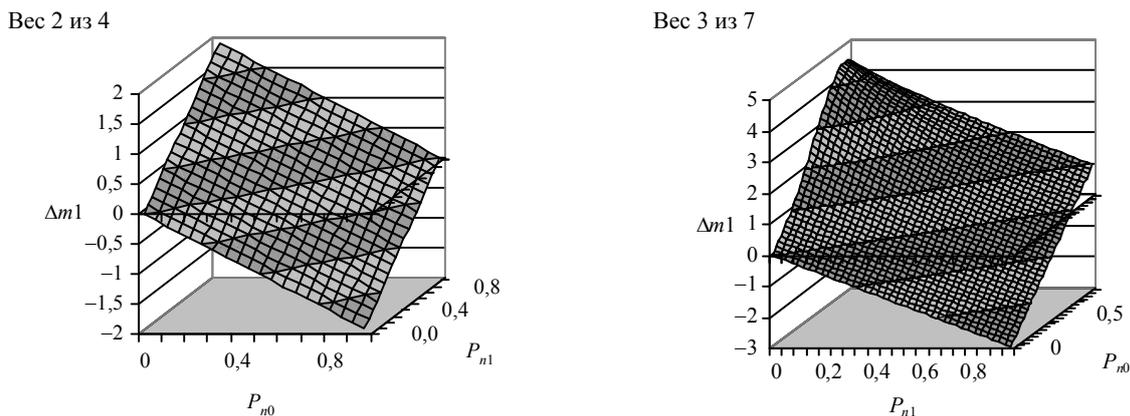
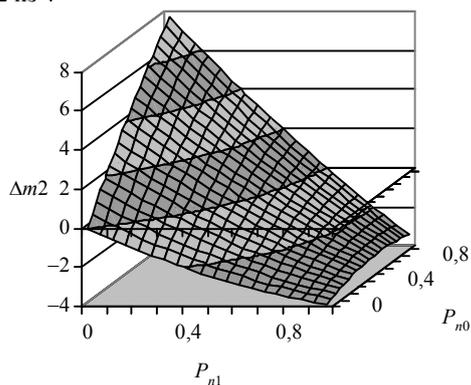


Рис. 2. Зависимость отклонения первого начального момента Δm_1 для веса принимаемых кодовых векторов от вероятности ошибки приема единичного P_{n1} и нулевого P_{n0} элементов кодового вектора

Значения отклонения максимальны в том случае, если одна из вероятностей P_{n1} или P_{n0} близка к 0, а другая – к 1. Такой же вывод следует и из анализа расстояния Бхаттачария. Зависимость среднего квадрата отклонения веса принимаемой кодовой последовательности от априорного среднего веса (рис. 4)

показывает, что для сигналов, как и для моментов, существует зависимость между отклонением и вероятностью приема элемента сигнала. В отличие от отклонения моментов такая зависимость стремится к нулю только в том случае, если вероятности P_{n1} и P_{n0} близки к нулю.

Вес 2 из 4



Вес 3 из 7

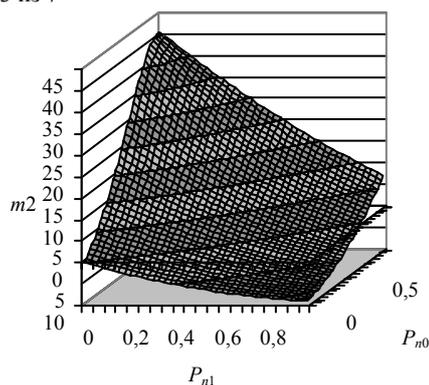
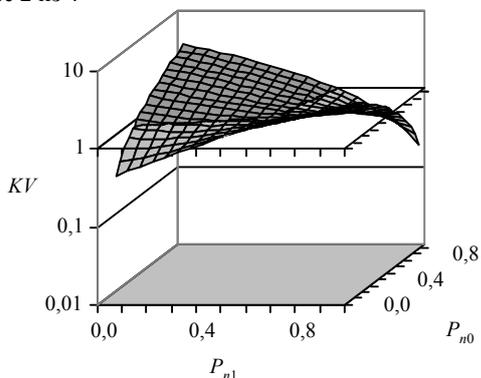


Рис. 3. Зависимость отклонения второго начального момента Δm_2 для веса принимаемых кодовых векторов от вероятности ошибки приема единичного P_{n1} и нулевого P_{n0} элементов кодового вектора

Вес 2 из 4



Вес 3 из 7

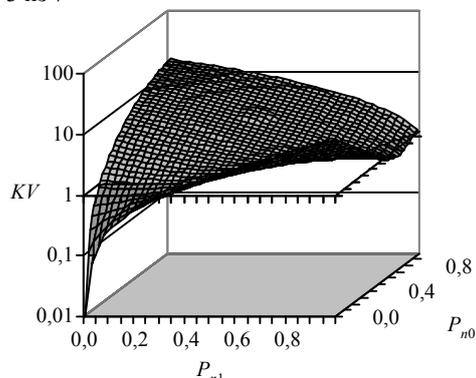


Рис. 4. Зависимость среднего квадрата отклонения веса принимаемых кодовых векторов от априорного среднего KV от вероятности ошибки приема единичного P_{n1} и нулевого P_{n0} элементов кодового вектора

На основании выполненных исследований можно сделать следующие выводы.

1. Для оценки качества канала связи по информационной структуре сигнала выбрана весовая структура сигнала как наиболее стабильная для большинства используемых сигналов. Для оценки влияния вероятности ошибки в символе применено расстояние Бхаттачария, которое является мерой отличия апостериорного распределения веса сигнала от априорного. Показано, что независимо от структуры сигнала отличие распределений тем выше, чем определеннее вторжение в канале связи. Различия уменьшаются по мере приближения априорного распределения веса к равномерному.

2. В качестве параметров для оценки качества канала связи использованы отклонения апостериорных значений от априорных значений первого и второго начальных моментов и среднего квадрата отклонения принятого веса от его априорного значения. Исключить ошибочное решение возможно совместной оценкой отклонения первого и второго начальных

моментов. Более информативной оценкой является средний квадрат отклонения принятого веса от его априорного среднего значения. Он лишен неоднозначности и сильно коррелирован с вероятностью наличия вторжения.

Работа выполнена в рамках темы по государственному заданию высшим учебным заведениям от Министерства образования и науки Российской Федерации на 2012 год в части проведения научно-исследовательских работ.

Библиографические ссылки

1. Андерсон Т. Введение в многомерный статистический анализ. – М. : ГИФ-МЛ, 1963.
2. Бухвинер В. Е. Оценка качества радиосвязи. – М. : Связь, 1974. – 223 с.
3. Гренандер У. Вероятности на алгебраических структурах : пер. с англ. – М. : Мир, 1965. – 275 с.
4. Витерби А. Д., Омура Дж. К. Принципы цифровой связи и кодирования : пер. с англ. / под ред. К. Ш. Зигангирова. – М. : Радио и связь, 1982. – 536 с.

I. Z. Klimov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

Intrusion Detection Algorithm in a Communication Channel

The problem of intrusion detection on a communication channel level is solved. The statistical Bhattacharya distance is used as a criterion of detection. Information sequences which structure is practically constant in a time interval of a message transfer are defined. Outcomes of calculations of the chosen index of intrusion into a communication channel are presented.

Key words: detection, intrusion, channel level, statistical distance, time interval, chosen index calculations.