

ИНФОРМАТИВНОСТЬ И ПОТЕРИ ИНФОРМАЦИИ В ТЕПЛОВИЗИОННЫХ СИСТЕМАХ НАБЛЮДЕНИЯ

Е. В. Филиппова,

инженер,

Т. А. Акименко,

доц., канд. техн. наук,

О. А. Горбунова,

доц., канд. техн. наук,

Тульский государственный университет, г. Тула

Исследуются методы тестирования тепловизионных систем наблюдения, в настоящее время широко применяемых как источник информации об окружающей среде в различных отраслях народного хозяйства. Показано, что вследствие преобразования сенсором информативных параметров наблюдаемой сцены возможны потери информации на выходе системы. Получены условия, при которых потерь информации не происходит, и случаи передачи информативных параметров с потерями.

Ключевые слова: тепловизионная система наблюдения, генератор тепловых сигналов, информативные параметры, потери информации.

INFORMATION CONTENT AND INFORMATION LOSS IN THERMAL IMAGING SUPERVISION SYSTEMS

Methods for testing thermal imaging surveillance systems, which are currently widely used as a source of information about the environment in various sectors of the national economy, are explored. It is shown that due to the sensor's transformation of the informative parameters of the observed scene, information loss at the system output is possible. Conditions under which no loss of information occurs and cases of transmission of informative parameters with losses are obtained.

Keywords: thermal imaging surveillance system, thermal signal generator, informative parameters, loss of information.

Системы наблюдения сцен в инфракрасном (ИК) диапазоне спектра достаточно широко применяются в различных отраслях народного хозяйства, электроэнергетике, металлургии, химической промышленности, оборонной сфере, в системах экологического мониторинга и т. п. Основной задачей подобных систем является формирование модели наблюдаемой сцены, максимально близкой к оригиналу. Наблюдение сцены в ИК-диапазоне сопровождается потерями информации, связанными с ее преобразованиями на аппаратном уровне тепловизионной системой наблюдения. Указанные потери являются безвозвратными и не могут быть скомпенсированы при цифровой обработке электронных образов наблюдаемых сцен, поэтому важным этапом при вводе в эксплуатацию тепловизионной системы является этап тестирования и наладки, успешное прохождение которого гарантирует, что потери информации при наблюдении не превысят заданных показателей.

В тестирующей системе (рис. 1) эталонный тестовый сигнал, включающий информативные признаки $x^1, \dots, \overset{\leftrightarrow}{x^m}, \dots, \overset{\leftrightarrow}{x^M}$, поступает с наблюдаемой сцены реальной и виртуальной тепловизионной системой наблюдения. В реальном приборе преобразование сигнала $\phi(x^1, \dots, \overset{\leftrightarrow}{x^m}, \dots, \overset{\leftrightarrow}{x^M})$ осуществляется узлами и блоками на физическом уровне, вследствие чего формируются реальные вторичные информативные признаки $X_R^1, \dots, \overset{\leftrightarrow}{X_R^m}, \dots, \overset{\leftrightarrow}{X_R^M}$. В виртуальном приборе на основании информативных признаков $x^1, \dots, \overset{\leftrightarrow}{x^m}, \dots, \overset{\leftrightarrow}{x^M}$ формируются желаемые значения вторичных информативных признаков $X_V^1, \dots, \overset{\leftrightarrow}{X_V^m}, \dots, \overset{\leftrightarrow}{X_V^M}$, которые соответствуют идеально настроенной тепловизионной системе. Нормы разностей виртуальных и реальных вторичных признаков сравниваются с допустимыми значениями $\|X_R^m - X_V^m\| < \varepsilon_m$, $1 \leq m \leq M$, и если неравенство выполняется для всех информативных параметров, то тепловизионная система наблюдения считается пригодной к эксплуатации. Если не выполняется хотя бы одно неравенство, то требуется настройка прибора.

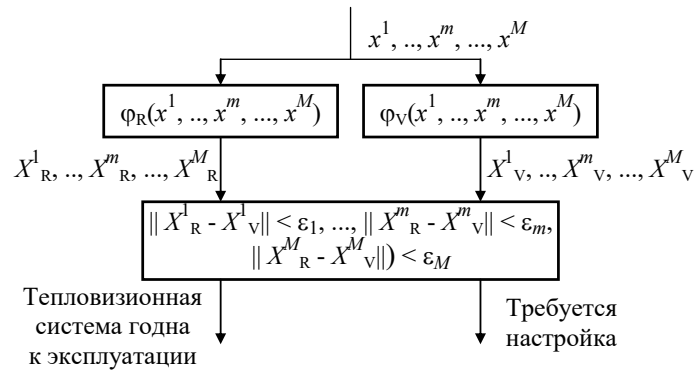


Рис. 1. Тестирующая система

Типовая передаточная характеристика с выделением различных случаев потерь информации показана на рис. 2, где X – информативный параметр; D – цифровое значение информативного параметра.

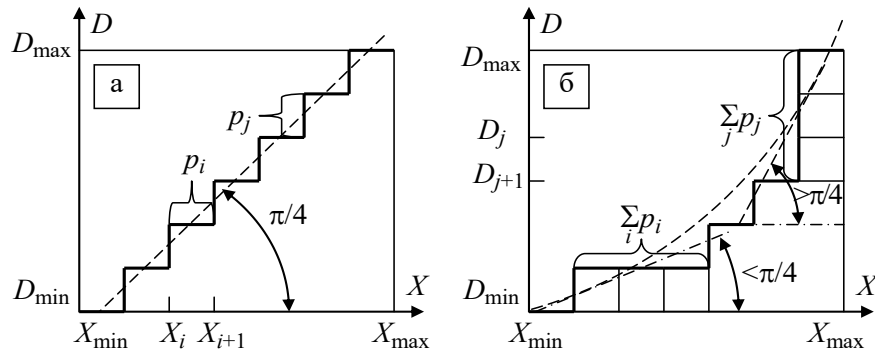


Рис. 2. Преобразование информативных параметров

Энтропия участка, расположенного под углом 45° ($\pi/4$):

$$H_{\pi/4} = -\sum_i p_i \log p_i, \quad (1)$$

где p_i – вероятность попадания информативного параметра X в интервал значений $X_i \leq X < X_{i+1}$. Это означает, что система без потерь информации.

Энтропия участка, расположенного под углом $<45^\circ$ ($<\pi/4$):

$$H_{<\pi/4} = -(\sum_i p_i) \log(\sum_i p_i), \quad (2)$$

где $\sum_i p_i$ – сумма вероятностей попадания информативного параметра X в соседние участки, которые преобразуются в один и тот же код.

$$\begin{aligned} \text{Разность } H_{\pi/4} - H_{<\pi/4} &= -\sum_i p_i \log p_i + (\sum_i p_i) \log(\sum_i p_i) = \\ &= \sum_i p_i [-\log p_i + \log(\sum_j p_j)] = \sum_i p_i \log\left(\frac{\sum_j p_j}{p_i}\right) > 0. \end{aligned}$$

Это означает, что $H_{\pi/4} > H_{<\pi/4}$, т. е. в системе имеются потери информации.

Энтропия участка, расположенного под углом $>45^\circ$ ($>\pi/4$): в этом случае $\sum_j p_j = p_i$, т. е. на один и тот же интервал информативного параметра приходится несколько интервалов цифрового кода, его представляющего. Энтропия в этом случае равна:

$$H_{>\pi/4} = -\tilde{p}_i \log \tilde{p}_i, \quad (3)$$

где \tilde{p}_i – вероятность попадания информативного параметра в интервал, на который приходится несколько интервалов цифрового кода.

Это, в свою очередь, означает, что общее количество цифровых кодов, представляющих информативный параметр, уменьшается, а следовательно, $H_{\pi/4} > H_{>\pi/4}$, т. е. в системе также имеются потери информации.

Задачей аппаратно-программного комплекса обработки информации является сравнение образа сцены, формируемого на выходе тепловизионной системы с эталонным образом, полученным в результате моделирования прохождения сигнала через эталонную тепловизионную систему, с реальным образом, формируемым тестируемой тепловизионной системой с целью определения параметров системы и классификации ее по принципу «годен/негоден».