

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ СБОРА И ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ В ПОЛИГРАФЕ

В современных исследованиях связанных с оценкой параметров реагирования человека на различные воздействия часто применяются сигналы его вегетативных функций и, в частности, сигнал электро-дермальной активности.

Несмотря на большую продолжительность использования сигнала полиграфа в различных исследованиях, есть все основания считать, что не до конца изученными остались важнейшие исходные положения теоретического и методического плана. Актуальность поиска новых подходов к решению такого типа задач связана с тем, что большинство вопросов по применению параметров полиграфа разрабатывались для исследовательских целей, решение которых было возможно по данным, получаемым на уровне качественных оценок

Под информативностью измерений имеется в виду обеспечение регистрации всех компонентов сигнала, в том числе и тех, которые прослеживаются в виде минимальных изменений сигнала. Это требование связано с вопросами выбора отведения сигнала и обеспечения максимальной чувствительности измерения. Максимальная чувствительность может быть реализована только в том случае, если при этом не нарушается предшествующее требование адекватности регистрации динамики сигнала, что возможно только при соблюдении соответствующей точности измерений.

Поскольку реальные информационные системы (ИС), предназначенные для сбора и обработки информации о состоянии некоторого объекта за время его работы, не могут обеспечить ее получения без потерь, обусловленных ограниченной точностью и надежностью аппаратуры, то возникает задача оценки величины этих потерь, т. е. задача определения эффективности системы. В качестве меры эффективности таких ИС предлагается использовать так называемую интегральную пропускную способность $W(t)$, представляющую собой отношение количества информации l_y , полученной на выходе ИС за время ее работы t , к количеству информации l_x , поступившей на ее вход за то же время:

$$W(t) = \frac{l_y(t)}{l_x(t)}. \quad (1)$$

Базируясь на понятиях энтропийных мощностей σ_x^2 входного сигнала и погрешности σ_ε^2 системы, количество информации, полученной на выходе ИС при ее безотказной работе за время t , можно определить по формуле

$$l_0(t) = \frac{1}{2} Ft \ln \frac{\sigma_x^2 + \sigma_\varepsilon^2}{\sigma_\varepsilon^2}, \quad (2)$$

где F — частота опроса параметров объекта.

Величина информации l_x , поступившей на вход системы за время t , определится выражением

$$I_x(t) = \Omega t \ln \sigma_x^2 2\pi l, \quad (3)$$

где Ω — частота, ограничивающая спектр входного сигнала системы.

Поскольку мы имеем реальную ИС, то количество информации, полученной на выходе системы l_y за время t , будет меньше, чем $l_0(t)$, так как из-за наличия отказов система проработает меньшее время (t_i), определяемое ее надежностью $P(t)$:

Полагая для простоты $\sigma_x^2 \gg \sigma_\varepsilon^2$, что как правило, имеет место на практике, получим общее выражение для эффективности информационной системы:

$$W(t) = \frac{F}{2\Omega} W_H(t) \cdot W_T(t),$$

где

$$W_H(t) = \frac{t_1}{t} = \frac{1}{t} \int_{t_0}^t P(t) dt,$$

$$W_T(t) = 1 - \frac{\ln \cdot \sigma_\varepsilon \sqrt{2\pi l}}{\ln \cdot \sigma_x \sqrt{2\pi l}}.$$

Получено удобную математическую запись $W(t)$ для рассмотрения зависимости эффективности информационной системы от ее технических характеристик. Одним из примеров практического применения введенной меры эффективности $W(t)$ является возможность формулировки на этапе проектирования требований к точности и надежности системы, обеспечивающих ее заданное значение W_3 . Для этого находятся линии постоянных значений $W = \text{const}$ в координатной системе $(\sigma_\varepsilon \sqrt{2\pi l}, \lambda t)$, которые представлены на рис. 1.

Задаваясь определенным значением W_3 , можно установить связь надежности и точности. Связь этих величин чисто информационная и характеризуется тем, что в любой точке K линии $W = \text{const}$ (рис. 1) снижение значения надежности системы (а) вызывает такую же величину потерь информации, как и снижение точности (в).

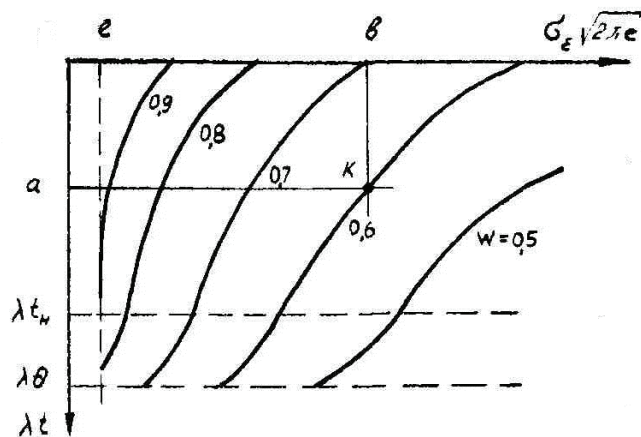


Рис. 1. Линии постоянной эффективности информационной системы

Используя эту связь и сопоставляя одно из значений точности или надежности с существующими техническими возможностями практической реализации информационной системы, можно обосновать выбор их определенного сочетания для достижения заданной эффективности.

В приведенных выше выражениях задача определения эффективности решалась для случая, когда система обладает постоянной во времени погрешностью, а ее надежность есть функция времени. Поэтому расширим задачу учетом временных зависимостей величин погрешностей системы.

Выберем модели процессов потери точности среди случайных процессов, имеющих определенную функциональную зависимость от времени. Воспользовавшись методом статистической линеаризации, рассмотрим три вида таких процессов (рис.2) и определим для них составляющую $W_T(t)$.

а)

б)

в)

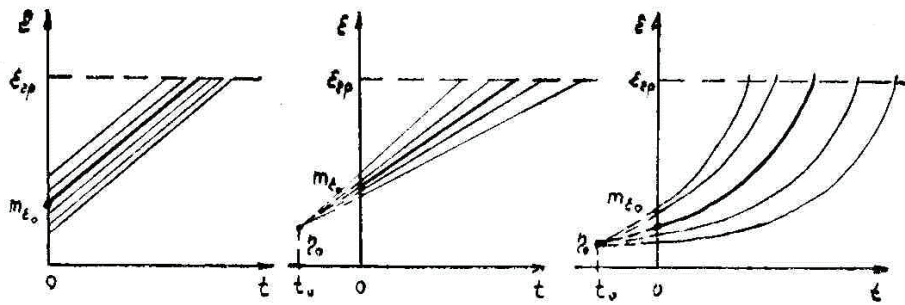


Рис. 2. Модели случайных процессов изменения погрешности информационной системы:

а—линейная равномерная; б—линейная веерная; в—экспоненциальная веерная
 Линейная равномерная модель (рис. 2,а) изменения погрешности системы ε :

$$\varepsilon = \varepsilon_0 + \nu t.$$

Здесь ε_0 и ν - случайные величины соответственно начальной погрешности системы и скорости ее изменения, имеющие нормальный закон распределения. При этом считается, что при $\sigma_y = 0$

$$\sigma_\varepsilon^2(t) = \sigma_{\varepsilon_0}^2 = const.$$

Тогда

$$W_T(t) = 1 - \frac{\ln \sigma_{\varepsilon_0} \sqrt{2\pi l}}{\ln \sigma_x \sqrt{2\pi l}}$$

Линейная веерная модель (рис. 2,б) изменения погрешности системы ε , имеющая полюс (t_0, η_0) :

$$\varepsilon = \varepsilon_0 + \nu t.$$

Здесь полагаем, что $\sigma_y \neq 0$ и при $t > 0$

$$\sigma_\varepsilon^2(t) = \sigma_{\varepsilon_0}^2 + t^2 \sigma_\nu^2 + 2t \sigma_{\varepsilon_0} \sigma_\nu.$$

Тогда

$$W_T(t) = 1 - \frac{\ln.(\sigma_{\varepsilon_0} + t\sigma_\nu)\sqrt{2\pi l}}{\ln.\sigma_x \sqrt{2\pi l}}$$

Экспоненциальная веерная модель (рис. 2,в) изменения погрешности системы ε , имеющая полюс (t_0, τ_{i0}) и $\sigma_\nu \neq 0$:

$$\varepsilon = \varepsilon_0 \exp(\nu t).$$

Будем считать, что нам задано максимальное значение погрешности системы $\varepsilon_{ГР}$. Тогда условие

$$\varphi = \varepsilon_{ГР} - \varepsilon(\varepsilon_0, \nu, t) > 0$$

можно рассматривать как одно из условий работоспособности информационной системы, вероятность выполнения которого будет служить мерой ее надежности (относительно постепенных отказов) [2].

Для линейной равномерной модели (рис. 2,а) закон распределения точек пересечения границы нормалей и моменты времени t_H и Θ равны:

$$l_H = \frac{\varepsilon_{ГР} - m_{\varepsilon_0} - 3\sigma_{\varepsilon_0}}{m_\nu}; \quad \Theta = \frac{\varepsilon_{ГР} - m_{\varepsilon_0}}{m_\nu}.$$

Зная выражения для $\sigma_\varepsilon^2(t)$ и сравнивая определенные моменты времени t с соответствующими значениями $\sigma_x \sqrt{2\pi l}$, можно воспользоваться графиками (рис. 1) как для определения эффективности информационной системы, так и для выбора необходимых

значений ее точности и надежности. При этом моменты времени t_H и Θ должны соответствовать выбранным моделям изменений точности.

Выводы

Рассмотрение информационной системы как канала передачи и обработки информации с помехами позволяет создать показатель эффективности $W(t)$, отражающий понятие точности и надежности системы, и обеспечить формализованный выбор их значений.

Список литературы

1. К- Шеннон. Работы по теории связи и кибернетики. ИЛ, 1963.
2. А. Н. Смирнов. Надежность устройств автоматики и телемеханики. Минск, «Вышэйшая школа», 1973.
3. Эдсолл Дж., Гатфренд Х. Биотермодинамика. Изучение равновесных биохимических процессов. М., "Мир", 1986. – 243 с.
4. Ham W. Adaptive control based on explicit model of robot manipulator // IEEE. Trans. Automat. Control.-1993. Vol.38 №4. P.654-658.
5. Цыпкин Я.З. Основы информационной теории идентификации.-М.: Наука, 1984.-284с.
6. Цветков Э. И. Процессорные измерительные средства.- Л.: Энергоатомиздат, 1989.-224 с.
7. Mirushnik I., Bultunov G., Shiegin V. Problems of Sensing and Spatial Motion control in Active Robotics // Proc. Of Intern. Conf on Infomatics and Control St. Petersburg.-1997.-Vol. 3, P. 1267-1276.
8. Стародетко Е.А. Теория и методы автоматизированного проектирования сложных систем и автоматизация научных исследований. Сборник научных трудов.-Минск: 1990.-126 с.