Абсолютная сложность имеет тот недостаток, что она ненормирована и по ней трудно сравнивать сложность различных приемников между собой. Поэтому введем понятие относительной сложности:

$$S^o = \frac{S^a}{\log_2 N} = \frac{M(\log_2 N - \log_2 M)}{\log_2 N}. \qquad (5)$$

Очевидно, что S^o изменяется от 0 при $M = N$ до 1 при $M = 1$ и достигает максимума при $M = N/e$:

$$S^o_{\max} = \frac{S^a_{\max}}{\log_2 N} = \frac{N \log_2 e}{e \log_2 N} = \frac{N}{e \ln N}. \qquad (6)$$

Таким образом, структурная мера информации, определяемая числом шагов решения дискретной задачи по поиску объекта среди их конечного множества, позволяет дать характеристику не только источника информации, а и приемника, оценив сложность и оптимальность структуры последнего, что позволяет дать оценку эффективности системы источник - приемник информации в целом.

SUMMARY

The structured information measure and its applications for estimating efficiency of information source-destination work is considered in the paper.

The feature of the measure is possibility to estimate with its help not only source, but and information destination. Besides, the structured measure can be used to estimate complexity of discrete tasks.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Яглом А.М. и Яглом И.М. Вероятность и информация. - М.: Наука,1972.- 511 с.
2. Темников Ф.Е. и др. Теоретические основы информационной техники.- М.: Энергия, 1971. - 424 с.

Поступила в редколлегию 25 марта 1999 г.

УДК 517.17:681.518.54

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ И СРАВНЕНИЯ ОБРАЗОВ С ПОМОЩЬЮ ОЦЕНКИ ОТЛИЧИЯ ЗАВИСИМОСТИ МЕЖДУ ДВУМЯ ФУНКЦИЯМИ ОТ ПРОПОРЦИОНАЛЬНОЙ

В.В.Авраменко, доц.; А.П.Карпенко, асп.

Одной из задач технической диагностики является контроль за состоянием стационарных и квазистационарных объектов в процессе их эксплуатации. Для многих из них характерной является пропорциональная связь между входными $x(t)$ и выходными $y(t)$ процессами или сигналами:

$$y(t) = cx(t), \qquad (1)$$

где c – константа.

К этим объектам относятся, например, усилители, преобразователи, каналы телеметрии и многие датчики. Ухудшение технического состояния объекта приводит к нарушению пропорциональной зависимости между $x(t)$ и $y(t)$. Система технической диагностики должна обнаружить это ухудшение и оценить его количественно.

Необходимость количественной оценки отклонения зависимости между двумя функциями от пропорциональной возникает и при сравнении двух образов или их фрагментов, представленных функциями $x(t)$ и $y(t)$, где $t \in \Omega$. Считаем, что значения функций $x(t)$ и $y(t)$, описывающих исследуемые образы, измеряются без ошибок, и поэтому эти зависимости являются детерминированными. Если образы полностью совпадают с точностью до масштабного коэффициента c, то условие (1) выполняется для всех $t \in \Omega$. При совпадении лишь некоторых фрагментов сравниваемых образов зависимость между $x(t)$ и $y(t)$ будет пропорциональной только на соответствующих этим фрагментам интервалах изменения t. Всякое отклонение зависимости между $x(t)$ и $y(t)$ от пропорциональной, в том числе и в результате добавления постоянной составляющей $b \neq 0$, когда

$$y(t) = cx(t) + b, \tag{2}$$

считается искажением $y(t)$ по сравнению с $x(t)$.

В общем случае, при выяснении, является ли связь между $x(t)$ и $y(t)$ пропорциональной, значение коэффициента c может быть априорно неизвестно. Определить его по отношению

$$d(t) = \frac{y(t)}{x(t)}, \tag{3}$$

где $t \in \Omega$, можно лишь в том случае, когда $\forall t \in \Omega$ выполняется условие (1) и $d(t) = const$. В противном случае $d(t) = \text{var}$ и неизвестно, какое его значение следует принять в качестве постоянного коэффициента пропорциональности c, чтобы оценить, при каких значениях t зависимость между $x(t)$ и $y(t)$ отклоняется от пропорциональной и насколько.

Корреляционные методы и методы, основанные на определении скалярных произведений [1], позволяют оценить близость сравниваемых образов независимо от значения коэффициента пропорциональности. Так, при выполнении условия (1) максимальное значение нормированной взаимокорреляционной функции (ВКФ) равно единице независимо от значения не равного нулю коэффициента c. Однако она принимает такое же значение и в случае, когда зависимость между $x(t)$ и $y(t)$ описывается выражением (2), т.е. по ВКФ нельзя отличить зависимость (1) от (2).

Кроме того, указанные методы не позволяют определить, какие именно фрагменты сравниваемых образов или сравниваемых сигналов не совпадают.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

На множестве Ω действительных чисел заданы кусочно-непрерывные действительные функции $x(t)$ и $y(t)$, имеющие первую производную. Пусть для $t \in \Omega_1$, где $\Omega_1 \subset \Omega$, связь между функциями описывается выражением (1).

Необходимо найти функционал, который независимо от значения коэффициента c в (1) равняется нулю в области $t \in \Omega_1$.

Поскольку $x(t)$ и $y(t)$ являются детерминированными, то при фиксированном t зависимость y от x является однозначной и может рассматриваться как параметрическая. В [2] разработаны характеристики непропорциональности числовых функций по производным и по значениям. Для решения поставленной задачи можно применить непропорциональность по производной первого порядка функции $y(t)$ по $x(t)$, заданной параметрически:

$$@d_{x(t)}^{(1)} y(t) = \frac{y(t)}{x(t)} - \frac{y_t'(t)}{x_t'(t)}. \qquad (4)$$

Непропорциональность (4) равна нулю независимо от значения c, если $x(t)$ и $y(t)$ удовлетворяют условию (1). Вычислив значения функции непропорциональности (4) для $t \in \Omega$, можно решить поставленную задачу, т.е. определить, при каких значениях t и насколько не совпадают сравниваемые образы или искажен сигнал $y(t)$ на выходе устройства по сравнению с $x(t)$.

Рассмотрим примеры использования непропорциональности (4) для сравнения образов и их фрагментов. Образы представляют собой двумерные фигуры. Каждая описывается в полярных координатах (ρ, θ) с полюсом в центре тяжести фигуры (рис.1а). В общем случае, сравниваемые фигуры могут быть повернуты на угол τ друг относительно друга (рисунок 1б). Поэтому вычисления будем проводить при изменении угла τ от 0^0 до 360^0 с шагом $\Delta\tau$. Одновременно будем вычислять взаимную корреляцию и скалярное произведение.

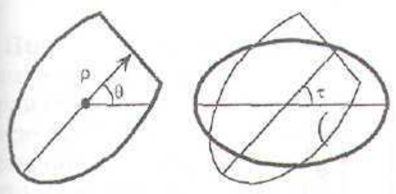

Рисунок 1

При совпадении образов с точностью до масштабного коэффициента при одинаковой пространственной ориентации ($\tau = 0$), нормированная ВКФ $r = 1$, скалярное произведение при нормировании $u = 1$, а функция непропорциональности равна нулю для $\forall \theta \in [0;360)$. Если же совпадение имеет место только в некоторых областях изменения параметра θ, то $r<1$, $u<1$, а функция непропорциональности становиться не равной нулю для тех значений θ, при которых зависимость между $\rho_2(\theta)$ и $\rho_1(\theta)$ не является пропорциональной.

На рисунке 2 изображены фигуры: два прямоугольника с непропорциональными сторонами, прямоугольник и прямоугольник с выступом, эллипс и обрезанный эллипс при одинаковой пространственной ориентации $(\tau = 0)$. Приведены для $\tau = 0$ значения нормированной ВКФ и скалярные произведения с целью оценить общее сходство фигур. Здесь же показаны графики функций непропорциональности (4) для пар образов. По ним видно, при каких значениях θ образы отличаются и насколько. На рис.2 отображено также поведение функции непропорциональности для пар образов, позволяющее уточнить области схожести.

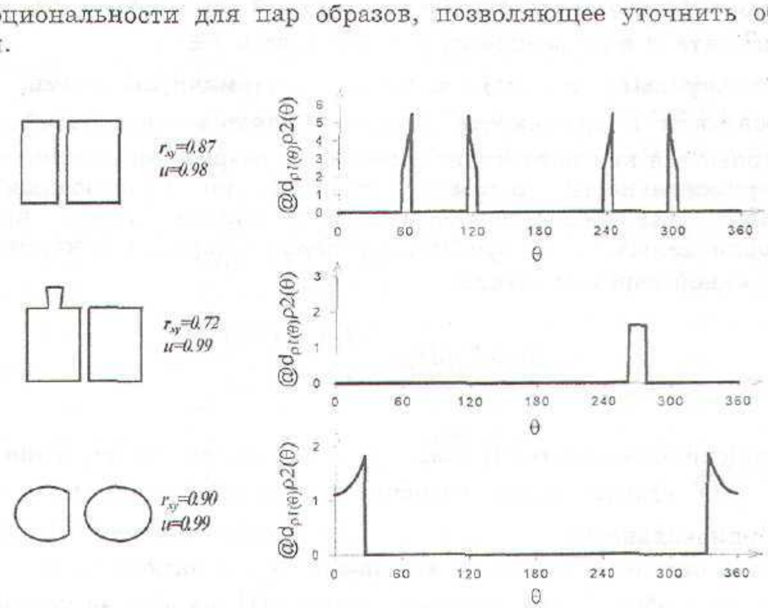

Рисунок 2

Весьма характерными являются примеры, когда сравниваются фигуры 1 и 2, а также 1 и 3 (рисунок 3). В обоих случаях значения ВКФ и скалярные произведения принимают одинаковые значения (r=0,824, u=0,997). В то же время по графикам функции непропорциональности (4) видно, что фигуры 1 и 2 различаются при $\theta \in \left(31{,}34^0;67{,}32^0\right) \cup \left(112{,}64^0;148{,}68^0\right)$, а 1 и 3 - при $\theta \in \left(31{,}34^0;67{,}32^0\right) \cup \left(210{,}85^0;247{,}34^0\right)$.

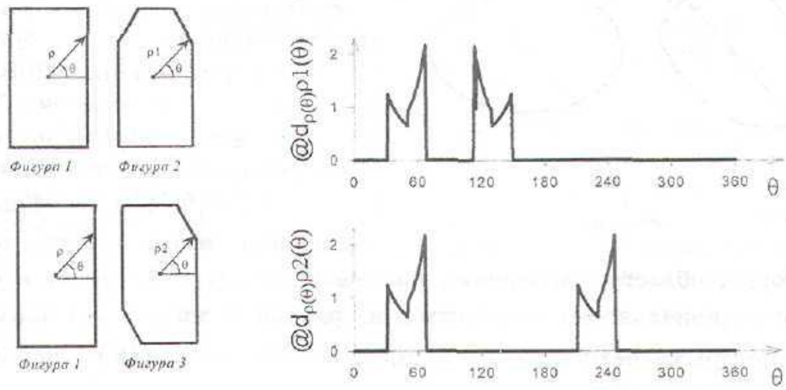

Рисунок 3

Приведенные примеры показывают, что применение функции непропорциональности (4), позволяющей сравнивать образы в каждой точке отдельно и по всей области задания, расширяет возможности при оценке их близости. Это особенно актуально, если корреляционные методы не дают однозначного ответа.

Таким образом, при технической диагностике стационарных и квазистационарных объектов, при оценке искажения сигнала $y(t)$ на выходе объекта по отношению к входному сигналу $x(t)$, при сравнении образов и решении других задач, требующих оценки отличия зависимости между двумя функциями от пропорциональной, предлагается использовать непропорциональность по производной первого порядка (4). Она равняется нулю независимо от не равного нулю коэффициента пропорциональности для тех значений аргумента, при которых зависимость между исследуемыми функциями является пропорциональной.

SUMMARY

There are new characteristics of numerical function–disproportions. One of them is disproportion on the first-order derivative. It deals with the application of the disproportion on the first-order derivative for estimation of difference between dependence of two functions and proportion dependence. The examples of application of disproportion for comparison of images and their parts, and for evaluation of distortion between input and output signals of the device investigated are given..

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Васильев В.И. Распознающие системы: Справочник. – К.: Наукова думка, 1983.
2. Авраменко В.В. Характеристики непропорциальности числовых функций. Деп. в ГНТБ Украины 19.01.98 №59 – Ук98.

Поступила в редколлегию 2 декабря 1998 г.

УДК 681.518.25:519.711.3

ПРО ПРОГНОСТИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ІНВАРІАНТНИХ ПОРЯДКОВИХ СТАТИСТИК

А.С.Краснопоясовський, доц.

При прогнозуванні зміни інформаційної здатності системи розпізнавання доцільно використовувати як одномірні статистичні характеристики вибіркових послідовностей екстремальні порядкові статистики (ЕПС), які іваріантні у межах своєї статистичної структури та визначають екстремум критерію функціональної ефективності системи розпізнавання, що навчається [1]. Згідно з [2] у статистичній структурі (Ω, А, Р), де Р означає родину ймовірнісних мір на вимірному просторі (Ω, А), множина $A \in$ А зветься інваріантною (відносно Р), якщо її ймовірність р(A) є сталою для всіх мір р$\in$Р. Поняття інваріантної множини поширюється і на статистику S, що задається на вибірковій структурі (Ω, A, р). Велике зацікавлення викликає вивчення асимптотичних властивостей ЕПС, яка має розподіл χ^2, у вигляді

$$S_n^* = \sum_{n=1}^{n^*} \frac{\left(k_n - \overline{k_n}\right)^2}{s_n^2}, \tag{1}$$

де k_n – кількість успіхів, яка дорівнює кількості ознак розпізнавання, що знаходяться у межах своїх контрольних припусків при n-му випробуванні; $\bar{k}_n$, s_n^2 - вибіркові середнє та дисперсія відповідно: n^* - випробування, при якому критерій оптимізації досягає свого екстремуму.