

Саратовский государственный технический университет,  
каф. "Программное обеспечение вычислительной техники и автоматизированных систем"

Идентификация систем является важной прикладной задачей цифровой обработки сигналов. Ее успешное решение в значительной степени определяется выбранным алгоритмом преобразования исходной информации. Исследуемую систему можно отнести к одному из двух классов: естественного происхождения или к системам, созданным человеком. В большинстве случаев идентификация проводится либо с целью организации управления, либо с целью распознавания образов. Как правило, для систем первого класса идентификация проводится с целью распознавания образов в задачах кластеризации, диагностики, прогнозирования и т.д. Последние достижения в области синергетики позволяют глубже понять механизмы функционирования систем естественного происхождения и создать более надежные алгоритмы их идентификации [1].

Идентификация системы в общем случае состоит из последовательности действий, проводимых с целью ее формализованного представления. В формализованном виде исследуемая система представляется в форме математической зависимости, связывающей ее входы и выходы.

До последнего времени инструменты и методы идентификации как систем искусственных, так и систем естественного происхождения существенно не отличались друг от друга. Например, в обоих случаях с успехом использовался спектральный анализ. Вместе с тем исследования в области нелинейной динамики показали, что сложные системы, к которым относятся системы естественного происхождения, функционируют на основе некоторых общих принципов, например, конкуренции. Это обуславливает некоторые универсальные свойства поведения таких систем и параметров, описывающих их состояние. Эти характеристики могут служить идентификационными признаками в задачах распознавания образов. Например, в качестве универсального параметра, описывающего состояние открытой системы, может служить степень хаотичности системы [2].

Построение алгоритмов идентификации на основе синергетических принципов рассмотрим на примере задачи обнаружения пожаров по теплорадиоизлучению. Обычно используемое для целей пеленгации пожара инфракрасное излучение практически полностью поглощается окружающими деревьями. Один из подходов к решению рассмотренной задачи заключается в использовании для лесопожарного пеленгатора не традиционного инфракрасного, а радиочастотного диапазона - 1 мм...0,5 м. Использование этого диапазона теоретически обосновано в [3-4]. Однако, практическая реализация этой идеи на базе традиционного спектрально - энергетического подхода представляется весьма затруднительной. Принцип действия перспективных систем основывается на регистрации излучения плазмы пламени в радиочастотном диапазоне и алгоритмах идентификации плазмы пламени, учитывающих ее синергетические свойства.

Экспериментально установлено, что при определенных условиях плазма может не только переходить в упорядоченное состояние, но и мигрировать от одной неустойчивости к другой. Происходит постоянная конкуренция между хаосом и порядком. Таким образом, плазма, которая сопровождает процесс горения, представляет собой сложную термодинамическую неравновесную систему, с ярко выраженными синергетическими свойствами [5].

Следовательно, можно сделать выводы:

- 1) в плазме пламени зарождаются и существуют хотя бы непродолжительное время упорядоченные структуры;
- 2) образованные в процессе самоорганизации упорядоченные динамические макроструктуры имеют принципиально иную топологию фазового пространства.

Следует отметить, что процессы самоорганизации и нестабильности определяют параметры радиоизлучения во всем частотном диапазоне теплорадиоизлучения. Поэтому для регистрации параметров, характеризующих конкуренцию или сосуществование порядка и хаоса в плазме, можно использовать простые по конструкции широкополосные антенны. В самом общем виде алгоритм распознавания пожара по теплорадиоизлучению можно представить следующим образом:

1. Принимаемый сигнал теплорадиоизлучения используется для решения обратной задачи динамики - реконструкции математической модели системы по экспериментальным данным.

2. Вычисляются и анализируются параметры, характеризующие особенности топологии фазового пространства реконструируемой системы. К числу таких параметров можно отнести размерность фазового пространства, показатели Ляпунова и другие. Эти параметры служат основой для проведения классификации принятого радиоизлучения.

3. Проводится классификация принятого радиоизлучения и обосновывается вывод о его источнике на основе эталонной базы данных топологических особенностей фазового пространства реконструированной системы по сигналам теплорадиоизлучения от пожаров.

Укажем еще один параметр классификации. Интегральной оценкой состояния «хаос - упорядоченная структура» является степень упорядоченности системы. В теории информации аналогом этого показателя является энтропия - степень предсказуемости системы.

Коллективные когерентные колебания плазмы пламени носят хотя и периодический, но временный характер. В соответствии с этим меняется и степень упорядоченности макродинамической системы, каковой является плазма. Значение и динамика изменения этого показателя создает неповторимый образ пламени, который и следует распознать, используя количественную оценку степени упорядоченности системы.

При статистическом описании процессов в макроскопических системах только энтропия  $S$  обладает совокупностью свойств, позволяющих использовать ее в качестве меры степени упорядоченности. Однако энтропия в обычном понимании относится к системам, при эволюции которых средняя энергия сохраняется. В [2] проведено переопределение энтропии и введен критерий относительной степени упорядоченности состояния открытых систем, который получил название S-теорема. На основании этой теоремы относительная степень упорядоченности открытой системы определяется как разность энтропий  $\Delta S$ :

при условии  $M(H) = const$ . Здесь  $H$  - значение макроскопической характеристики стационарного состояния системы,  $f_0$  и  $f_1$  - функции распределения ее плотности вероятности в двух состояниях. В

$$\Delta S = S_0 - S = - \int \left[ \ln \frac{f_1(H)}{\tilde{f}_0(H)} \right] f_1(H) dH \geq 0.$$

качестве  $H$  может выступать функция Гамильтона. Для практического использования S-теоремы необходимо знать функцию Гамильтона рассматриваемой системы. Ее определение не представляет принципиальных трудностей, если известна математическая модель системы. Хотя модели плазмы известны, предпочтительно в данном случае определять степень упорядоченности непосредственно по данным регистрации теплорадиоизлучения. Общая методика определения разности энтропий для открытых систем дана в [2].

Существующий фон посторонних электромагнитных излучений не оказывает существенного влияния на относительную степень упорядоченности плазмы пожара. Поэтому предложенный алгоритм является весьма надежным и простым в реализации, является хорошим дополнением к алгоритмам спектрального анализа.

Алгоритмы идентификации, учитывающие синергетические свойства систем, весьма перспективны также в задачах медицинской диагностики.

### Литература

1. Суятинов С.И. Синергетический подход к разработке интеллектуальных информационно-измерительных систем //Актуальные вопросы научных исследований. Теоретическая и прикладная спектроскопия. - Саратов: Изд-во СГУ, вып.1, 1997. - С. 88-91.
2. Климонтович Ю.Л. Критерии относительной степени упорядоченности или хаотичности открытых систем: Труды международной конференции "Критерии самоорганизации в физических, химических и биологических системах". - Москва, 1995. - С. 84 - 101.
3. Николаев Л.Л., Песцов С.В. Радиотеплолокация. - М.: Сов. радио, 1964г.
4. Башаринов А.Е. Измерение радиотепловых и плазменных излучений в СВЧ диапазоне. - М.: Советское радио, 1968. - 390с.
5. Пригожин И., Стенгерс И. Порядок из хаоса. - М.: Прогресс, 1986.

ALGORITHM OF IDENTIFICATION OF NATURAL SYSTEMS BASED ON SYNERGETICS

Suyatinov S., Buldakova T.

The identification of systems is the important applied task of digital processing of signals. Its successful decision is substantially defined by the chosen algorithm of transformation of the initial information. The researched system can be attributed to one of two classes: a natural origin or systems created by the man. As a rule, for systems of the first class the identification is carried out with the purpose of recognition of images in tasks of diagnostics, forecasting etc.

Last achievement in synergetics allow deeper to understand mechanisms of functioning of systems of a natural origin and to create more reliable algorithms of their identification.

The complex systems, to which the systems of a natural origin concern, function on the basis of some general principles such, for example as a competition. It causes some universal properties of behaviour of such systems and parameters describing their condition. These characteristics can serve identification attributes in tasks of recognition of images. For example, as universal parameter describing a condition of open system, the relative degree of order can serve.

Construction of algorithms of identification based on synergetic principles we shall consider on an example of a task of detection of fires on heatradiation.

Experimentally is established, that under certain conditions plasma can not only pass in the ordered condition, but also move from one instability to another. According to it the relative degree of order of plazma system varies also. Meaning and dynamics of change of this parameter create a unique image of a flame, which should be distinguished.

As a measure of a relative degree of order of system we shall use entropy  $S$ , which has the appropriate set of properties. On the basis  $S$  - theorem the relative degree of order of open system is defined as a difference  $\Delta S$ :

under condition of  $M(H) = \text{const}$ . Here  $H$  - meaning of the characteristic of a stationary condition of system,  $f_0$  and  $f_1$  - functions of distribution of its density of probability in two condition.

$$\Delta S = S_0 - S = - \int \left[ \ln \frac{f_1(H)}{\tilde{f}_0(H)} \right] f_1(H) dH \geq 0.$$

The identification algorithms, which are taking into account synergetic properties of systems, are rather perspective also in tasks of medical diagnostics.