

The hidden objects search method was suggested, based on the analysis of image, formed from energy spectral curve of registered gamma radiation, dispersed backwards. The problem of classification of spectral images was solved by the image discrimination method. The target of the work is the formation of the most informative system of classification attributes. The attributes are chosen according to the metric criterion of informativity – standardized Euclidian distance. The morphometric attributes, necessary for classification, were calculated for spectrograms, obtained experimentally. The spectrum differential for the obstruction with and without a beetle is estimated by the standardized Euclidian distance. The moment attributes of various procedures, which influence most on the standardized Euclidian distance, were determined. The usage of the chosen moment attributes for image spectrum recognition helps to reveal hidden beetles, placed behind the steel 6 mm obstacles

Keywords: control examination, γ -radiation, spectrum, classification

УДК 621.391.626

ВИЗУАЛЬНЫЙ КОНТРОЛЬ ВИБРАЦИИ ДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Б. И. Исмаилов

Научный сотрудник

Кафедра "Информационно-измерительная и компьютерная техника"

Азербайджанская государственная нефтяная академия
пр. Азадлыг 20, г. Баку, Азербайджанская республика,
AZ1010

Контактный тел.: +99-412-498-62-20

E-mail: ismbahram@mail.ru

У статті, на додаток до відомих методів і алгоритмів контролю та аналізу часових рядів вібраційної виміральної інформації, пропонується їх візуалізація на підтримку прийняття рішення в складних експлуатаційних ситуаціях

Ключові слова: контроль, вібрація, візуалізація, прийняття рішення

В статье, в дополнение к известным методам и алгоритмам контроля и анализа временных рядов вибрационной измерительной информации, предлагается их визуализация в поддержку принятия решения в сложных эксплуатационных ситуациях

Ключевые слова: контроль, вибрация, визуализация, принятие решения

1. Введение

Проведение измерительных экспериментов по исследованию вибрационной активности силового оборудования ГЭС является трудоёмкой и ответственной задачей, сопровождаемой сбором, статистической обработкой и представлением большого объёма эксплуатационных данных и параметров.

Исследуемый объект является динамической системой, в связи с чем, к нему применимы методы нелинейного анализа. Анализ и аргументированная интерпретация протекающих процессов требует от исследователя наличия определённого опыта и технических знаний в предметной области. В результате проведения измерительных экспериментов и их обработки, исследователь располагает большим объёмом информации, представленной в различных формах, как в виде первичных данных, формализованных знаний, так и рекомендаций экспертной системы и др. [1].

Визуализация результатов контроля при проведении измерительных экспериментов имеет большое значение. От наглядности и информативности визуальной информации зависит скорость оценки технического состояния объекта исследования и принятие соответствующего решения. Собранная измерительная информация, представленная в виде текста, таблиц, графиков или гистограмм требует от исследователя большого напряжения и внимания для их осмысления и интерпретации [1]. В тоже время от удобства работы человеко-машинного интерфейса (human-machine interface) и информативности представленной им информации зависит скорость восприятия, оценки и принятие решения в сложных эксплуатационных ситуациях. Следовательно, возникает потребность в получении новых сведений о протекающих процессах, которые не были известны ранее и снизили бы неопределённость. Одним из подходов для решения этой проблемы может быть применение выразительных и универсальных способов гра-

фического представления информации, улучшение зрительного восприятия её с помощью современных визуальных образов.

2. Визуализация измерительных экспериментов

Одним из современных информативных методов визуализации результатов измерительных экспериментов является нелинейный рекуррентный анализ временных рядов. Рекуррентный анализ основан на фундаментальном свойстве диссипативных динамических систем – рекуррентности, т.е. повторяемости состояний. Это свойство процессов в природе было отмечено французским математиком Пуанкаре (Poincaré) и сформулировано в виде «теоремы рекуррентности» [2]. Данная теорема лежит в основе современного учения о преобразованиях, сохраняющих меру, известного как эргодическая теория. Суть этого фундаментального свойства заключается в том, что, несмотря на сколь малое возмущение в сложной динамической системе, отклоняющей её от первоначального состояния, через некоторое время система стремится вернуться к состоянию близкому к предыдущему, проходя при этом подобные этапы эволюции.

В 1987 году J.-P. Eckmann, S.O. Kamphorst and D. Ruelle предложили новый графический метод оценки типовых постоянных, характеризующих динамические системы [3]. Используя временные ряды, характеризующие динамические системы, были определены такие параметры как информационная размерность, энтропия, ляпуновская экспонента, корреляционная размерность и др. Для визуализации этого свойства динамических систем были предложены рекуррентные диаграммы (recurrence plots), позволяющие отобразить фазовую траекторию любой размерности на двумерную двоичную квадратную матрицу, размером $N \times N$, обе координатные оси которой являются осями времени. Другой разновидностью РД является диаграмма расстояний (distance plot), отображающая расстояния между состояниями системы на диаграмме расстояний в виде цветовой палитры [3-5]. Диаграмма расстояний несёт информацию о расстояниях между точками траектории. Перед построением диаграммы расстояний необходимо выбрать норму (тип нормы оказывает влияние на вид и информативность диаграммы). Наиболее известными являются L_1 – норма, L_2 – норма (евклидова норма) и L_{\max} – норма (максимальная норма). Выбор норм зависит от целей исследования, так, например L_{\max} – норма не зависит от размерности фазового пространства и легка в вычислении по сравнению с двумя другими и особенно подходит для теоретического исследования самого инструмента РД [3-5].

Визуальный анализ траекторий в фазовом пространстве, зафиксированном на РД, даёт представление об эволюции этих траекторий во времени. Совокупность рекуррентных точек на диаграмме, позволяет судить о характере процессов, протекающих в исследуемой системе. Диагональная линия на РД называется линией идентичности (line of identity, LOI). Так как главным преимуществом инструмента РД является способность визуализировать

многомерные фазовые траектории, то для зрительного анализа внешнего вида диаграмм были предложены два основных класса структур: топология (typology) и текстура (texture) [3-5]. Топология даёт представление о характере процесса крупномасштабными структурами, классифицируя их как: однородные РД, периодические, дрейф, контрастная топология в виде белых областей или полос и осциллирующие системы. Текстура выявляет мелкомасштабные структуры в виде простых точек и комбинации вертикальных и горизонтальных линий. Отдельно стоящие одинокие рекуррентные точки не являются признаками случайности или шума, они соответствуют редким или неустойчивым состояниям во времени, либо вызваны сильной флуктуацией. Диагональные линии появляются на РД, когда сегмент траектории повторяется, возвращаясь в одну и ту же область фазового пространства в разное время, однако их нерегулярное проявление характеризует хаотический процесс. Вертикальные и горизонтальные линии и их скопления соответствуют интервалам времени, в течение которого состояние системы не меняется или меняется, но очень незначительно, что характерно для ламинарных состояний системы. Специфика рекуррентных диаграмм такова, что оси координат имеют размерность «Time», равную длине временного ряда. Матрица расстояний не имеет размерности координатных осей и является разновидностью рекуррентной диаграммы, иллюстрирующей расстояние между траекториями в фазовом пространстве. Важным преимуществом нелинейного рекуррентного анализа, особенно ценным при исследовании сложных систем, является возможность визуализации динамики системы, при помощи коротких временных рядов одного измерительного эксперимента.

Реальные экспериментальные данные всегда содержат помехи, искажающие реальную информацию, в связи с чем, анализ и интерпретация исследуемых процессов с помощью РД требует определённого опыта, однако, его визуальные преимущества очевидны.

Анализ графических образов диаграмм по особенностям их структур (топология и текстура), помимо достижения полноты и достоверности отражения реального состояния объекта виброконтроля поможет также в выявлении закономерностей, взаимосвязей и взаимовлияния, то есть в выявлении причинно-следственных связей.

Таким образом, был предложен новый диагностический инструмент - RD, которые позволяют визуально анализировать динамический процесс по топологии и текстуре его графического образа.

3. Система «измерение – распознавание – принятие решения»

Нелинейный рекуррентный анализ катализирует реализацию такой важной проблемы как управление динамикой хаотических систем (информационных процессов), предлагая посредством достаточно слабых воздействий переводить первоначально хаотические системы на требуемый динамический режим и тем самым стабилизировать их поведение.

Впервые проблеме управления хаотическими системами в контексте использования нелинейного рекуррентного анализа были посвящены работы [6-9]. Так, в [6] предложена структура адаптивной системы «измерение – распознавание – управление», реализующая алгоритм управления хаотическими системами.

Применительно к задачам управления сложными процессами, протекающими в узлах силового оборудования ГЭС, предлагается видоизменённая адаптивная система «измерение – распознавание – принятие решения». Блок схема предложенной системы представлена на рис. 1.

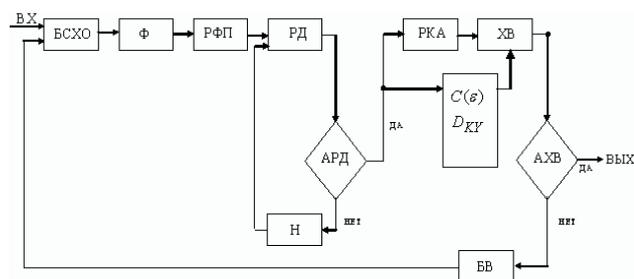


Рис. 1. Структура адаптивной системы

Структура системы состоит из:

- БСХО – библиотека стохастических и хаотических отображений;
- Ф – фильтр;
- РФП – блок реконструкции фазового пространства;
- РД – блок формирования рекуррентных диаграмм;
- РКА – блок количественного анализа рекуррентных диаграмм;
- ХВ – блок формирования характеристического вектора;
- АРД – блок анализа рекуррентных диаграмм;
- АХВ – блок анализа характеристического вектора;
- Н – блока норм (L_1, L_2, L_∞) ;
- БВ – блок определения корреляционного интеграла $C(\epsilon)$, новой фрактальной размерности Каплана - Йорке D_{KY} и осуществляющего реализацию задач: фильтрации хаотической информации, рекуррентного анализа контролируемых процессов и управления.

По сравнению со структурой, приведённой в [6], для борьбы с нежелательными, а порой и опасными проявлениями вибрационных процессов протекающих при эксплуатации ГА в целом и узлах и элементах его силового оборудования, видоизменён блок БХО на БСХО. Такое расширение функциональных возможностей блока связано со спецификой объекта контроля и управления, а также разнообразием его режимов работ.

Ниже приведено пошаговое исполнение предложенного алгоритма.

Вход: множество измеряемых $(\hat{x}, \hat{y}, \hat{z})$.

Шаг 1. производится выделение областей интересов (area of interest) измеряемых (x, y, z) по критерию

$$FR(\hat{x}, \hat{y}, \hat{z}) = \sup_{\text{def}} \inf_{\text{sem}} I / a3,$$

где $FR(\hat{x}, \hat{y}, \hat{z})$ - область интересов, сформированная на тезисе выделения информации таким образом, чтобы она была максимално значащей с семантической точки зрения \sup и минимальной по объёму информации \inf ; $a3$ - адекватно FR с учетом рефлексивности (смотри «Рефлексивный выбор»).

Шаг 2. Отображаем измеряемые $(\hat{x}, \hat{y}, \hat{z})$ на квадратную матрицу $N \times N$, $M = [N, N]$ как

$$G = (\hat{x}, \hat{y}, \hat{z}) \Rightarrow M, G \in R^2.$$

Шаг 3. Получаем рекуррентные диаграммы PD как [7];

$$PD_{i,j}^{\epsilon,m} = \theta(\epsilon - \|x_i - x_j\|), x \in R^m, i, j = \overline{1, N},$$

где N - число рассматриваемых состояний x ; ϵ - размер окрестности точки x в момент i , $\|\cdot\|$ - норма; $\theta(\cdot)$ - функция Хевисайда.

Шаг 4. Определяется корреляционная размерность как [10]:

$$C(\epsilon) = \frac{1}{N^2} \sum_{\substack{i,j=1 \\ i \neq j}} \theta(\epsilon - \|x_i - x_j\|).$$

Шаг 5. Определяется размерность Каплана-Йорке как [10]:

$$D_{KY} = 2 - \lambda_1 / \lambda_2,$$

где λ_1 и λ_2 - старший и младший показатели экспонент.

Шаг 6. Формируется хаотический вектор ХВ

$$ХВ \stackrel{\text{def}}{=} \Psi(M_G, C(\epsilon), D_{KY}).$$

Шаг 7. Обучение системы (шаги 1-3) производится по схеме:

присвоив индекс s предыдущему приближению, а $s+1$ - последующему, итерационный процесс имеет вид:

$$\{x_1^s, \dots, x_m^s\} \rightarrow x_{k,s}^{s+1}, \dots, \{x_1^s, \dots, x_m^s\} \rightarrow x_{p(s)}^{s+1}, x_k^{s+1} = x_k^s,$$

где $k = \overline{1, m}$, $k \neq k_1(s), \dots, k_p(s)$.

Определение. Состояние q системы S управляемо тогда и только тогда, когда $\exists u \in W$, что

$$\chi(q; u) = Q.$$

Система S называется управляемой тогда и только тогда, когда управляемо каждое ее состояние.

Утверждение 1. Если S есть система, каждое состояние которой достижимо из Q , то из управляемости системы S следует, что система сильно связана: справедливо и обратное.

Утверждение 2. Система считается устойчивой по Ляпунову, если и только если устойчиво полученное решение.

4. Рефлексивный выбор

Рассмотрим модель субъекта, который должен сделать выбор одного из возможных действий.

Пусть функция готовности субъекта к выбору имеет вид:

$$A1 = (a3 \rightarrow a2) \rightarrow a_1. \quad (1)$$

Переменная $a1$ описывает давление среды к выбору одной из альтернатив. Это реальное давление среды, которое не осознается субъектом, но ощущается на подсознательном уровне.

Представление субъекта о давлении среды описывается переменной $a2$.

Переменная $a3$ описывает планы субъекта к выбору одной из альтернатив, то его интенции или желания, которые он хотел бы осуществить. $A1$ - это та альтернатива, которую субъект готов выбрать.

Пусть переменные формулы (1) принимают любые значения на булевой решетке норм $\langle L, \leq \rangle$ независимо друг от друга. Выражение

$$A2 = (a3 \rightarrow a2)$$

в формуле (1) интерпретируется как «образ себя» для субъекта A , то есть его самооценка. Если субъект не имеет никаких планов или интенций, то его готовность к выбору $A1$ не зависит от $a3$ и описывается значением $a2 \rightarrow a1$, которое называется примитивным выбором.

Если готовность субъекта к выбору совпадает с его интенциями, то есть $A1 = a3$, то выбор субъекта называется реалистическим. В этом случае субъект совершает выбор осознанию, в соответствии с собственными желаниями.

Условия реалистического выбора определяются как

$$(a3 \rightarrow a2) \rightarrow a1 = a3. \quad (2)$$

Иными словами, внешняя среда и психологическая установка (ожидаемое давление мира) субъекта формируют его интенции, которые он способен претворить в действие.

Известно, что субъект имеет возможности сделать реалистический выбор, если его интенции лежат между реальным давлением мира и примитивным выбором

$$a1 \leq a3 \leq a2 \rightarrow a1. \quad (3)$$

Отсюда следует вывод: если человек стремится к наилучшему для себя поведению, то это приводит к реалистическому выбору.

Действительно, из (3) видно, что наилучший реалистический выбор, который может сделать субъект, определяется примитивным выбором:

$$a3 = a2 \rightarrow a1 \Rightarrow a2 \vee a1 = \sup(> a2, a1),$$

то есть как наиболее сильная норма из $> a2$ и $a1$.

Продемонстрированный рефлексивный выбор несет некоторый абстрактный оттенок.

Кроме того, помимо «образа себя», необходимо учесть такое понятие как «вспышка интуиции» [11, 12], которое несет функцию достраивания для реалистического выбора.

5. Визуализация измерительных экспериментов

Рассмотрим в качестве примеров визуализации результаты измерительного эксперимента в виде графиков сигналов, матриц расстояний и РД соответствующих пульсациям крутящего момента на лопатке направляющего аппарата - механизма, регулирующего расход воды гидроагрегата ГЭС [9].

Характер изменения вибрационного сигнала «Турбинного режима» (рис. 2а), имеет явно выраженный гармонический вид с небольшими искажениями.

Структура матрицы расстояний и РД (рис. 2б,в) также подтверждают преобладание гармонических составляющих сигнала (оборотная и лопастная частоты гидротурбины), однако на их фоне просматриваются шумовые искажения.

Строения этой диаграммы позволяет делать вывод о протекании некоторого установившегося режима, на который наложены случайные возмущающие сигналы, например пульсации давления от изменения характера нагрузки, биения от дисбаланса рабочего колеса гидроагрегата или др.

Анализ сигнала «Режима противотока», представленного на рис. 3а, говорит о протекании сложного динамического процесса, который согласно технологическим и эксплуатационным характеристикам этого процесса, является одним из сложных. Сигнал содержит как гармонические, так и случайные составляющие с широким частотным спектром, соответствующие основным (оборотным и лопастным) частотам и возмущающим, вызванным турбулентным потоком воды, пульсациями давления, кавитационными процессами, срывами вихрей с отдельных лопаток направляющего аппарата и др.

Вид матрицы расстояний и РД (рис. 3б,в) соответствует периодически повторяющимся (осциллирующим) процессам.

Топология диаграмм этого режима (рис. 3б,в) соответствует периодически повторяющимся процессам с медленно меняющимися параметрами и признаками хаотического процесса, на которые наложены случайные значения, а нерегулярное появление диагональных и вертикальных линий говорит о хаотичности процесса.

Анализ визуальных образов матриц расстояний и РД также упрощает выявление экстремальных и редких событий.

На рис. 4 в качестве иллюстрации дополнительных возможностей РД, по сравнению с другими методами визуализации, по выявлению скрытой информации показан пример выявления факта сбоя в канале связи при сборе и передаче измерительных данных.

Сбой, в виде повторной передачи 2-х байтов данных, виден только на РД (рис. 4в).

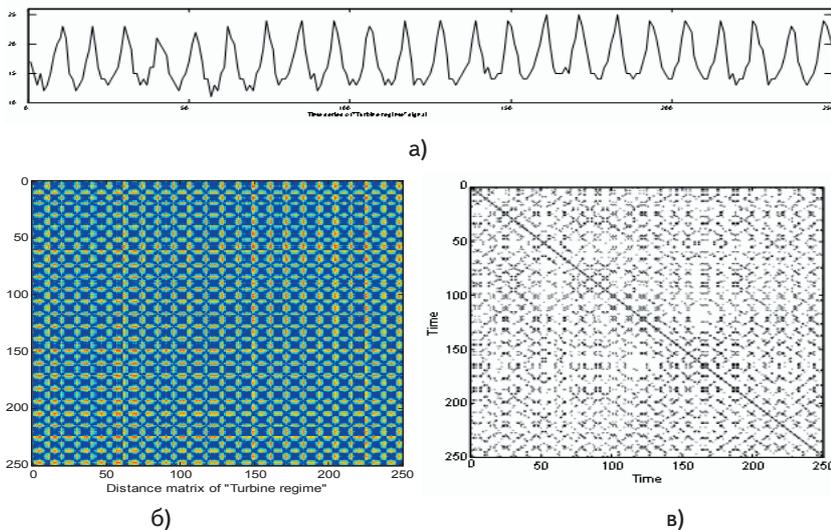


Рис. 2. Сигнал турбинного режима

Этот участок выделен квадратом. На рис. 4г показан увеличенный фрагмент сбойного участка сигнала, где он явно просматривается в виде двух отрезков, располагающихся параллельно линии идентичности РД. По классификации текстуры это говорит о повторении сегмента траектории, т.е. траектория повторяет саму себя, возвращаясь в одну и ту же область фазового пространства в разное время [4,5], однако в нашем случае - это сбой в канале связи в виде повторной передачи одних и тех же данных.

Другим примером практического применения нелинейного рекуррентного анализа может быть управление развитием вибрационных возмущающих воздействий. Природа этих возмущений имеет хаотический характер, в основе которых лежит тур-

булентный поток энергоносителя, хаотически изменяющиеся значения и характер нагрузки гидрогенератора, влияние параллельно работающих гидроагрегатов и др. Следовательно, приёмы управления хаотическими процессами применимы и в данном случае [6-8]. Необходимо отметить, что хаотические системы весьма чувствительны к внешним воздействиям и при этом могут переходить в одно из большого числа равноправных допустимых состояний.

Основным условием эффективного воздействия для управления хаотической системой является то, что оно должно быть когерентным с параметрами данной системы. Выявив, с помощью анализа топологии и текстуры РД, опасную тенденцию в раз-

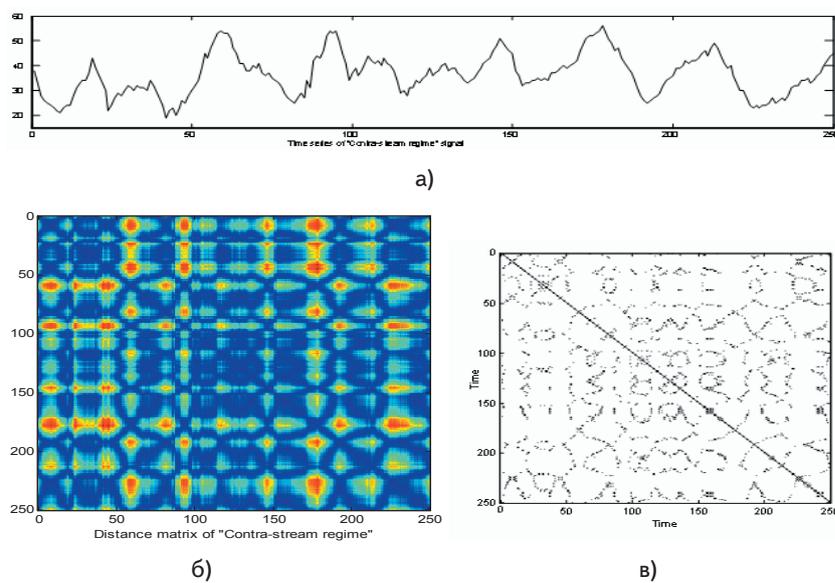


Рис. 3. Сигнал режима противотока

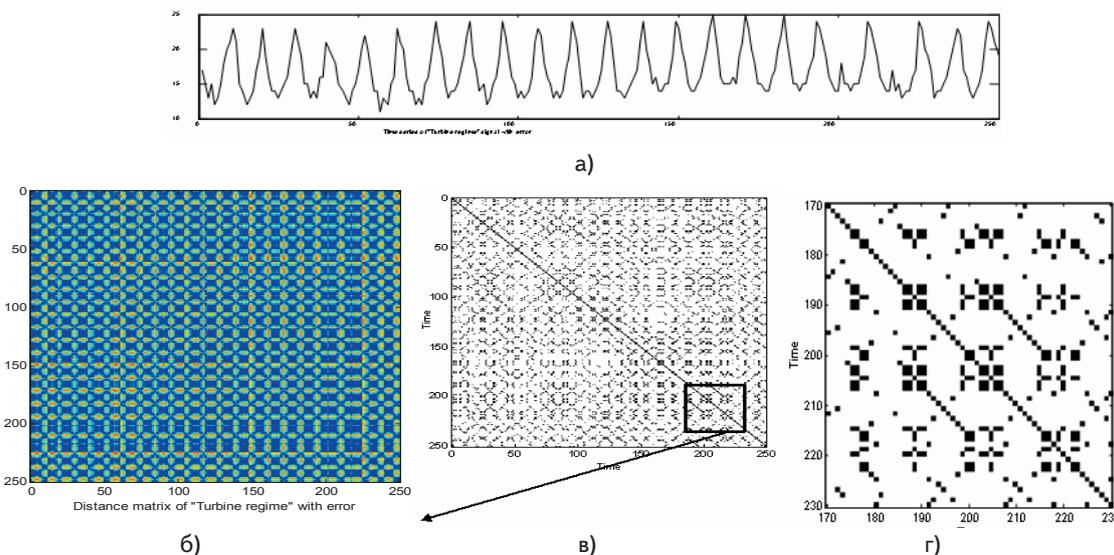


Рис. 4. Сигнал турбинного режима со сбоем при передаче данных

витии вибрационного процесса, эргатическая система может рекомендовать лицу, принимающему решение (ЛПР), применение сгенерированных соответствующих управляющих воздействий, направленных на энергоноситель с целью упреждения, видоизменения или подавления их негативного влияния. На рис. 5а показан результат воздействия сигнала турбулентного потока (хаотический процесс) на вибрационный сигнал турбинного режима (рис. 2а).

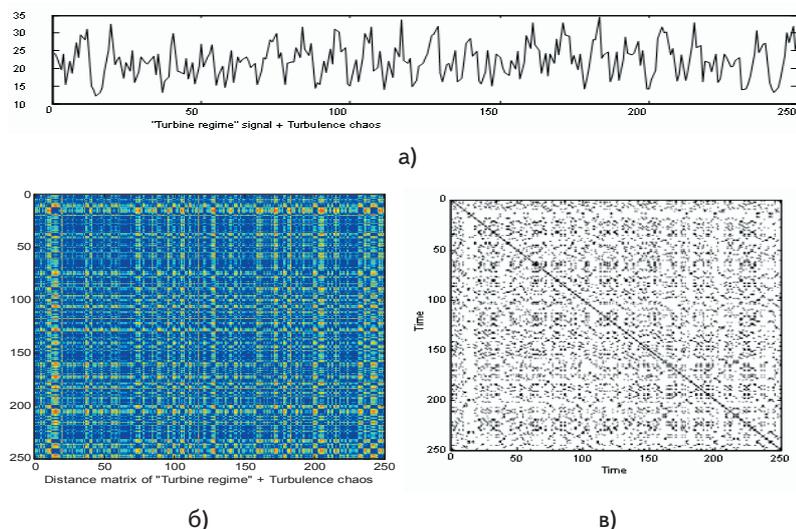


Рис. 5. Воздействие хаотического процесса на сигнал турбинного режима

Сравнение компонентов рис. 2 и 5 показывает, что при изменении интенсивности возмущающего

воздействия, форма сигнала турбинного режима видоизменяется, рис. 5а, изменяются также и графические образы матрицы расстояний и РД (рис. 5б,в). Изменяется соответственно и интенсивность его влияния на вибрацию элементов силового оборудования гидротурбины. Результатом этого воздействия является видоизменение основной гармоники, что может проявиться, например, в виде уменьшения вероятности возникновения резонансных явлений, ослаблении интенсивности накопления усталостных напряжений и др.

Выводы

Практическое применение приведённого алгоритма с использованием визуальных образов рекуррентных диаграмм при контроле и анализе эксплуатационной вибрационной информации предполагает также развитие визуального мышления у субъекта, принимающего решение. Другим важным преимуществом нелинейного рекуррентного анализа является возможность построения диаграмм при помощи коротких временных рядов одного измерительного эксперимента.

Обработка экспериментальных данных производилась в среде MATLAB.

Литература

- Исмаилов, Б.И. Система поддержки принятия решения при эксплуатационном контроле вибрации силового оборудования гидроэлектростанций. Научно-технический сборник. Серия «Общие вопросы радиоэлектроники (ОВР)». Выпуск 1., Москва – Таганрог, 2009. с. 107-113.
- Poincare A. Calcul des Probabilities. Paris: Gauthier-Villars, 1912.
- Eckmann J.P., Kamphorst S.O., Ruelle D., Recurrence Plots of Dynamical Systems.// Europhysics Letters., 4. – 1987. – P. 973-977.
- Marwan N., Wessel N., Meyerfeldt U., Schirdewan A., Kurths J., Recurrence-plots-based measures of complexity and application to heart-rate-variability data.// Physical Review, E66, 026702. – 2002.
- Киселев, В.Б. Некоторые методы нелинейного анализа.// Научно-технический вестник СПбГУ ИТМО.2005.В.20.с.172-180.
- Владимирский Э.И., Исмаилов Б.И. Нелинейный рекуррентный анализ как математическая модель управления хаотическими процессами. Журнал «Информационные технологии» Москва 2011г.№5, с. 42-45.
- Владимирский Э.И., Исмаилов Б.И. Синергетические методы управления хаотическими системами. Баку, «ELM»2011. – 24-0с.
- Владимирский Э.И., Исмаилов Б.И. «Синергетические аспекты нелинейного рекуррентного анализа хаотической информации». Тезисы докладов международной научно-практической конференции «Информационные технологии и компьютерная инженерия», Винница, Украина, 19-21 мая 2010. – с. 96-97.
- Исмаилов, Б.И. «Нелинейный рекуррентный анализ в задачах управления пространственно-распределёнными хаотическими системами». Труды III ежегодной Международной научно-практической конференции «Перспективы развития информационных технологий» Новосибирск, 17 марта 2011. – с.49-54.
- Владимирский Э.И., Тагиев Ф.К. Синергетический подход к формированию интегральных размерностей в интеллектуальных информационно-измерительных системах. Информационные технологии. №6 (166). 2010. – с. 62-67.
- Князева Е.Н., Курдюмов С.П. Интуиция как самообстраивание. Вопросы философии, №2, 1994. – с. 110-122.
- Владимирский, Э.И. Отображение принципов рефлексии в математической модели принятия удовлетворительных решений. Тр. IV Межд. Конференции «Идентификация систем и задачи управления», SICPRO'05. Москва 25-28 января 2005. М.: Институт проблем управления им. В.А.Трапезникова РАН,2005.С. 1681-1688.

Abstract

The article is devoted to the visualization of measuring experiments, visual analysis and estimation of vibration processes to make decision in complicated operational conditions.

The time series analysis of vibratory state nondestructive testing of power facilities of dynamic object of hydro power station is connected with the assessment, comparison and sensing of technological, normative and operational information. Significant and informative visualization of information helps to estimate the technological condition of controlled object faster and more accurately, to research the cause-and-effect relations of influence and two-way influence of power equipment working simultaneously.

Recurrent diagrams for visualization and visual analysis of experimental time series help to imagine the graphic pattern of the researched process as a square matrix with topology and texture. The graphic patterns of experimental time series prove their information value, especially in case of detection of rare events.

The dynamics control algorithms of complicated systems and reflexive choice, based on the application of visual advantages of recurrent diagrams were suggested and described.

The application of recurrent diagrams in ergative systems of control, analysis and interpretation of vibratory processes requires the development of visual thinking skills of the one, who makes a decision

Keywords: control, vibration, visualization, decision making

Розглянуто існуючі підходи до вирішення задачі розподілення каналів у системах мобільного зв'язку. Запропоновано трьох-етапний метод розподілення каналів у системах мобільного зв'язку. Наведено результати його застосування на прикладі Філадельфійської ЗРК та їх порівняння з існуючими методами

Ключові слова: генетичні алгоритми, штучні нейромережі, системи мобільного зв'язку, задача розподілення каналів, імітація отжигу

Рассмотрены существующие подходы к решению задачи распределения каналов в системах мобильной связи. Предложен трехэтапный метод распределения каналов в системах мобильной связи. Приведены результаты его применения на примере Филадельфийской ЗРК и их сравнение с существующими методами

Ключевые слова: генетические алгоритмы, искусственные нейросети, системы мобильной связи, задача распределения каналов, имитация отжига

УДК 519.7

APPLICATION OF THREE-STAGE METHOD OF CHANNELS DISTRIBUTION IN MOBILE COMMUNICATION SYSTEMS

D. Bulavin

Ph.D., Associate Professor of V.N. Karazina Kharkov National University
E-mail: dimetroid@yandex.ru
Contact tel: 099-983-89-99

O. Vysochyna

Ph.D., Associate Professor of Computer Science East Ukrainian National University named after Vladimir Dal
E-mail: vysochyna_olesya@mail.ru
Contact tel: 050-623-71-04

1. Introduction

Due to the rapid growth of mobile communications engineers faced the channels assignment problem in mobile communication systems. Currently, there is a trend to increasing the number of mobile phone users. And since the frequency spectrum is not infinite, the effective use of frequency channels is becoming more and more difficult problem. Depending on operational requirements the allocated spectrum is divided into channels. To support a large load on the mobile telephone services it is necessary to allocate channels to mi-

nimize interference, when re-using them. Simultaneously, these channels are increasing system capacity, in connection with which there is a channels assignment problem (CAP), which is NP-complete, i.e. dimension of the problem increases not polynomially, but exponentially. [2,3].

One option for increasing the efficiency of the frequency spectrum is a cellular approach. This approach divides the space of a wireless coverage area in the hexagonal cells.

In addition to the basic requirements, in practice, additional specification often appears. For example, extension or rescheduling of the existing distribution radio system