

DOI: 10.21821/2309-5180-2019-11-6-1123-1132

PROBLEM OF SHIP POWER EQUIPMENT DIAGNOSTIC

A. A. Zhelezniak, V. V. Yenivatov, V. A. Dorovskoy

Kerch State Marine Technological University, Kerch, Russian Federation

One of the most difficult tasks solved when ensuring the quality of diagnostics in the space of objects of ship power equipment is the task of constructing an algorithm for generating reference data for diagnostics of ship power equipment. To calculate data of shipboard power equipment, required for identification of the elements images, regarding knowledge about them - references, it is required to define the rules for measuring elements, diagnostic data and the distances between elements of diagnostic data in the images space. The creation of an information system that implements the technology of information analysis and identification of various types of data of ship power equipment requires the development of criteria for assessing the amount of information and proximity of images in the task of identifying objects in the required range. The research aim is to develop an entropy model of the process of diagnostics of ship power equipment, which allows us to identify the objects of ship power equipment in the required range, able to withstand interference and disturbances at the robotic systems management. In developing the entropy model of the process of formalizing identification procedures, the theory of pattern recognition in the problem of constructing a hypothesis, the theory of invariance in solving the problem of improving noise immunity, and also the algebra of logic in the problem of decision making are used. An important principle of constructing an entropy model of the process is the adaptability of knowledge representation and solution search. The requirements of adaptability to various changes are as follows: the developed entropic model of the process of identification of diagnostic data of ship power equipment at each time point should support the organization of processes. In the diagnosis of complex equipment, the system should be able to find an acceptable solution under severe time constraints. The number of analyzed parameters can be very large, which does not allow us to conduct a qualitative analysis of information on the basis of its sequential processing. The entropy model of the process of identification of diagnostic data of ship power equipment allow us to conclude that the images space of diagnostic data, the signal space and the information space describing the entropy model of the system are normalized metric spaces.

Keywords: ship power plant, main engine, auxiliary engine, identification, expert system, electric power equipment.

For citation:

Zheleznyak, Aleksandr A., Valerii V. Yenivatov, and Vladimir A. Dorovskoy. "Problem of ship power equipment diagnostic." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admiral S. O. Makarova* 11.6 (2019): 1123–1132. DOI: 10.21821/2309-5180-2019-11-6-1123-1132.

УДК 621.43

ПРОБЛЕМА ДИАГНОСТИКИ СУДОВОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

А. А. Железняк, В. В. Ениватов, В. А. Доровской

ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет»,
Керчь, Российская Федерация

Отмечается, что одним из наиболее сложных задач, решаемых при обеспечении качества диагностики в пространстве объектов судового энергетического оборудования (СЭО), является построение алгоритма генерации эталонных данных диагностики судового энергетического оборудования. Для вычисления необходимых для идентификации образов элементов данных судового энергетического оборудования (СЭО) относительно знаний о них — эталонов, требуется определить правила измерения элементов, данных диагностики и расстояний между элементами данных диагностики в пространстве образов. Создание информационной системы, реализующей технологию анализа информации и идентификации различных видов данных судового энергетического оборудования, требует разработки критериев оценивания количества информации и близости образов в задаче идентификации объектов в требуемом диапазоне. Целью

исследования является разработка энтропийной модели процесса диагностики судового энергетического оборудования, позволяющей выполнять идентификацию объектов судового энергетического оборудования в требуемом диапазоне, способной противостоять воздействию помех и возмущений при управлении роботизированными комплексами. При разработке энтропийной модели процесса формализации процедур идентификации использованы теория распознавания образов в задаче построения гипотезы, теория инвариантности при решении задачи повышения помехоустойчивости, а также алгебра логики в задаче принятия решений. Важным принципом построения энтропийной модели процесса является адаптивность представления знаний и поиска решения. Требования адаптивности к различным изменениям сводятся к следующему: разработанная энтропийная модель процесса идентификации данных диагностики судового энергетического оборудования в каждый момент времени должна поддерживать организацию процессов. При диагностике сложного оборудования система должна обеспечивать возможность поиска приемлемого решения в условиях жестких временных ограничений. Число анализируемых параметров может быть очень большим, что не позволяет выполнить качественный анализ информации на основе последовательной ее обработки. Энтропийная модель процесса идентификации данных диагностики судового энергетического оборудования позволяет сделать следующие выводы: пространство образов данных диагностики, пространство сигналов и информационное пространство, описывающее энтропийную модель процесса диагностики системы, являются нормированными метрическими пространствами.

Ключевые слова: судовая энергетическая установка, главный двигатель, вспомогательный двигатель, идентификация, экспертная система, электроэнергетическое оборудование.

Для цитирования:

Железняк А. А. Проблема диагностики судового энергетического оборудования / А. А. Железняк, В. В. Ениватов, В. А. Доровской // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2019. — Т. 11. — № 6. — С. 1123–1132. DOI: 10.21821/2309-5180-2019-11-6-1123-1132.

Введение (Introduction)

Одной из наиболее сложных задач, решаемых при обеспечении устойчивости в пространстве объектов главной и вспомогательной судовой энергетической установки (СЭУ), является задача построения алгоритма генерации эталонных изображений, представленных главной энергетической установкой (ГЭУ). В случае, если класс систем ГЭУ характеризуется перечнем входящих в него объектов главной и вспомогательной СЭУ, то построение алгоритма распознавания метода компенсации информационных потоков генерации эталонных изображений может быть основано на принципе принадлежности к этому перечню. Этот метод называется *методом сравнения с эталоном*, согласно которому множество образов, принадлежащих одному классу, запоминается системой идентификации. При предъявлении системе новых образов она последовательно сравнивает их с эталонными образами, хранящимися в памяти. Система относит новый образ к тому классу, к которому принадлежал эталонный образ, совпавший с предъявленным. Этот метод «работает» хорошо только когда выборка близка к идеальной или идеальны условия предъявления изображений.

В том случае, когда для членов одного класса объектов главной или вспомогательной СЭУ характерны некоторые общие признаки, система распознавания строится на принципе общности свойств, которые хранятся в памяти системы. В процессе обработки изображений система должна быть способна выделять признаки из предъявленного изображения и работать с ними. Она зачисляет вновь предъявленное изображение в класс, признаки которого подобны признакам, выделенным у нового изображения.

Анализ научных публикаций по теме исследования

Для вычисления необходимых для идентификации образов элементов СЭУ, относительно знаний о них — эталонов, требуется определить правила измерения элементов и расстояний между элементами в пространстве образов [1]–[4]. В проведенных авторами анализа данных диагностики СЭО множество образов элементов данных диагностики представлено как Ω . Если брать в качестве определения образа «оборудование» как физический объект, то элементы множества данных не пересекаются и имеют вид:

$$\omega_i \cap \omega_j = \emptyset; \quad i = \overline{1, n}; \quad j = \overline{1, n}; \quad i \neq j, \quad \bigcup_{i=1}^n \omega_i = \Omega. \quad (1)$$

Данный подход к определению нормы в пространстве образов рассмотрен в работах [5]–[8], где показано, что вероятность в данном случае удовлетворяет требованиям, предъявляемым к норме:

$$P_i = \|\omega_i\|, \quad P_i \neq 0, \quad \omega_i \neq \emptyset;$$

$$\|\lambda \omega_i\| = \lambda \|\omega_i\|, \quad P_\lambda = 1; \quad (2)$$

$$\omega_i \cup \omega_j \leq \|\omega_i\| + \|\omega_j\| \Leftrightarrow P(\omega_i \cup \omega_j) = P(\omega_i) + P(\omega_j) - P(\omega_i \cap \omega_j), \quad P(\omega_i \cap \omega_j) \geq 0.$$

Таким образом, вероятность является нормой для множества образов, определяя правило измерения величины, соотносимой с образом. Данному случаю соответствует простейшая модель идентификации объекта по норме (рис. 1). Однако необходимо определить не только правило измерения элемента, но и правило определения расстояния между элементами — метрики [2], [13]. Поскольку рассматривается система СЭУ, для которой важным является сравнение элементов, необходимо определить правило определения расстояния между событиями ω_i и ω_j . Естественно, что расстояние между образами $\alpha = \alpha(\omega_i, \omega_j)$ определяется как вероятность, так как последняя является нормой.

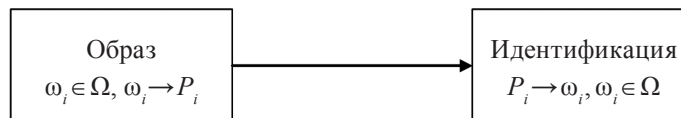


Рис. 1. Системы структурной идентификации по норме

Таким образом, источник генерирует образы с определенными вероятностями, система идентификации выдвигает гипотезы из заданного алфавита эталонов с соответствующими вероятностями. Степень достоверности гипотезы определяется расстоянием между образом, реализованным источником, и порождаемой эталоном гипотезой. Структура системы в этом случае имеет вид процедуры проверки гипотез (рис. 2).

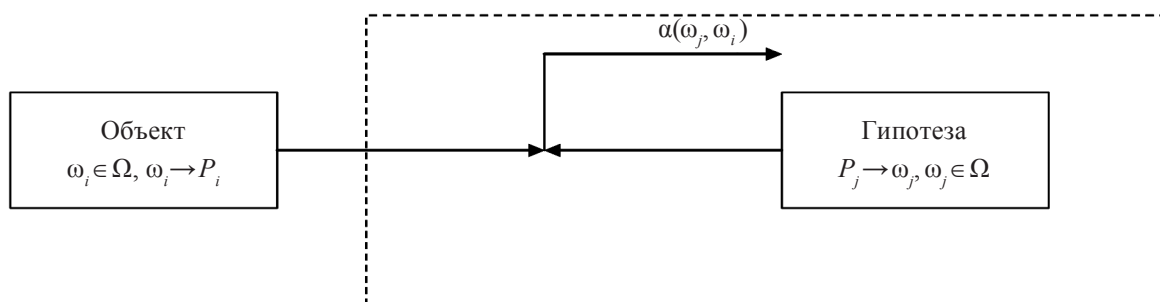


Рис. 2. Структура системы с проверкой гипотезы

Естественно, сохраняя формальное условие формирования метрики как нормы разности, в данном случае нормы разности множеств

$$\alpha(\omega_i, \omega_j) = \|\omega_i / \omega_j\|. \quad (3)$$

Следовательно, расстояние в пространстве образов формируется как вероятность разности множеств вида

$$\alpha(\omega_i, \omega_j) = P(\omega_i / \omega_j). \quad (4)$$

Поскольку справедливо равенство

$$\omega_i / \omega_j = \omega_i \setminus \omega_j, \quad (5)$$

выражение (4) можно записать в виде

$$\alpha(\omega_i, \omega_j) = P(\omega_i / \varpi_j). \quad (6)$$

Событие ω_i всегда рассматривается как входное, поэтому учитывая, что в силу полноты ансамблей справедливо равенство

$$P(\varpi_i / \omega_j) = 1 - P(\omega_i / \omega_j) \quad (7)$$

и исключив дополнение, получаем метрику пространства образов в виде

$$P(\varpi_i / \omega_j) = P(\omega_j)(1 - P(\omega_i / \omega_j)). \quad (8)$$

В данном случае целесообразно нормировать полученное отношение на вероятность входного образа, что позволит оценивать расстояние между образами ω_i и ω_j условной вероятностью

$$\alpha(\omega_i, \omega_j) = \frac{P(\varpi_i / \omega_j)}{P(\omega_i)} = 1 - P(\omega_i / \varpi_j). \quad (9)$$

Постановка проблемы

Создание информационной системы, реализующей технологию анализа информации и идентификации различных видов данных судового энергетического оборудования, требует разработки критериев оценивания количества информации и близости образов в задаче идентификации объектов в требуемом диапазоне.

Целью исследования является разработка энтропийной модели процесса идентификации экспертной системы диагностики судового энергетического оборудования, позволяющей выполнять идентификацию объектов главной и вспомогательной энергетической установки в требуемом диапазоне, способной противостоять воздействию помех и возмущений при управлении роботизированными комплексами.

Материалы и методы исследования (Methods and Materials)

При разработке энтропийной модели процесса формализации процедур идентификации использованы теория распознавания образов в задаче построения гипотезы, теория инвариантности при решении задачи повышения помехоустойчивости, а также алгебра логики в задаче принятия решений.

Результаты (Results)

Информационная мера обладает очевидным преимуществом инвариантности [2], [8]–[10], что особенно важно при неопределенности, создаваемой возмущениями в пространстве объектов СЭУ. Так как для накопления информации используется операция усреднения, применив оператор математического ожидания к информации I_ω , получаем энтропию или ожидаемую информацию источника ω , т. е. $M\{I_\omega\} = H_\omega$. Следовательно, при определении меры близости объекта и модели в задачах идентификации приходим к использованию энтропии как меры близости [11]. Безусловная энтропия выходной величины Y представляется в виде суммы количества информации о Y , содержащейся в X , и средней условной энтропии Y относительно X :

$$H H\{Y\} = I(Y, X) + H(Y|x). \quad (10)$$

Для дискретных переменных:

$$\begin{aligned} H\{Y\} &= -\sum_{i=1}^n p_i \log p_i; \\ I(Y, X) &= -\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{p_{ij}}{p_i r_j} p_{ij}; \\ H(Y|x) &= -\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n p_i \log p(y_i | x_j), \end{aligned} \quad (11)$$

где p_i и r_j — вероятности событий $Y = y_i$, $X = x_j$; вероятность p_{ij} — совместная вероятность $Y = y_i$ и $X = x_j$; вероятность $p(y_i | x_j)$ — условная вероятность событий $Y = y_i$ при $X = x_j$.

Безусловная энтропия выходной переменной представляется двумя составляющими: мерой количества информации о выходной переменной, которая может быть получена по входной переменной, и априорной неопределенностью, связанной с влиянием переменных, отличных от x_i . Тогда

$$\frac{H\{Y\}}{H\{Y\}} = \frac{I(Y, X)}{H\{Y\}} + \frac{H(Y|x)}{H\{Y\}} = 1. \quad (12)$$

Обозначив

$$\begin{aligned} q(X, Y) &= \frac{I(Y, X)}{H\{Y\}}; \\ \bar{q}(Y, X) &= \frac{H(Y|x)}{H\{Y\}}, \end{aligned} \quad (13)$$

получим

$$q(X, Y) + \bar{q}(Y, X) = 1. \quad (14)$$

В качестве информационной меры идентичности предлагается использовать величину

$$\bar{q}(Y, X) = \frac{H(Y|x)}{H\{Y\}}. \quad (15)$$

Данная мера обладает следующими свойствами: когда выходная величина Y полностью определяется входной величиной X , информационная мера идентичности обращается в ноль:

$$\sum_{j=1}^n p(y_i / x_j) \log p(y_i / x_j) = 0, \quad (16)$$

так как все вероятности равны нулю, кроме одной, равной единице. Отсюда следует, что

$$\begin{aligned} H(Y|x) &= 0; \\ \bar{q}(Y, X) &= \frac{H(Y|x)}{H\{Y\}} = 0. \end{aligned} \quad (17)$$

С другой стороны, при статистической независимости Y и X :

$$\begin{aligned} H(Y|x) &= H(Y); \\ \bar{q}(Y, X) &= \frac{H(Y)}{H\{Y\}} = 1. \end{aligned} \quad (18)$$

Таким образом, информационная мера идентичности позволяет получить удобную оценку идентичности для моделей.

Для непрерывных случайных величин X , Y :

$$\begin{aligned} H(Y|x) &= - \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} f(x, y) \log \{l_y \varphi(y/x)\} dx dy; \\ H(Y) &= \int_{-\infty}^{\infty} \varphi(y) \log \{l_y \varphi(y)\} dy; \\ I(X, Y) &= - \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} f(x, y) \log \frac{\varphi(y/x)}{\varphi(y)} dx dy, \end{aligned} \quad (19)$$

где $f(x, y)$ — совместная плотность распределения величин X и Y ; $\varphi(y)$ — плотность распределения Y ; $\varphi(x/y)$ — условная плотность распределения Y относительно X ; l_y — некоторый интервал, определяющий собой положение нуля на шкале энтропии — начало отсчета энтропии случайной величины Y .

Если выбрать этот интервал таким образом, чтобы $H\{Y\}$ и $H\{Y/x\}$ были неотрицательны, то информационная мера идентичности может быть сформирована для объектов с непрерывными случайными входной и выходной величинами:

$$\begin{aligned} g\{X, Y\} &= \frac{I\{X, Y\}}{1 + I\{X, Y\}}; \\ \bar{g}\{X, Y\} &= \frac{1}{1 + I\{X, Y\}}; \\ g\{X, Y\} + \bar{g}\{X, Y\} &= 1. \end{aligned} \quad (20)$$

Естественно, свойства информационной меры идентичности сохраняются. Понятие информационной меры идентичности обобщается в статистических многомерных и динамических объектах. Для входного случайного вектора $X(X_1, X_2, \dots, X_n)$ и выходного вектора $Y(Y_1, Y_2, \dots, Y_n)$ имеем:

$$\begin{aligned} H(Y_j | x_1, \dots, x_n) &= - \int_{-\infty}^{\infty} \dots \int_{-\infty}^{\infty} f(x_1, \dots, x_n, y_j) \log \{l_y \varphi(y_j / x_1, \dots, x_n)\} dx_1 \dots dx_n dy_j; \\ H(Y_j) &= I(X_1, \dots, X_n, Y_j) + H(Y_j | x_1, \dots, x_n); \\ I(X_1, \dots, X_n, Y_j) &= - \int_{-\infty}^{\infty} \dots \int_{-\infty}^{\infty} f(x_1, \dots, x_n, y_j) \log \frac{\varphi(y_j / x_1, \dots, x_n)}{\varphi(y_j)} dx_1, \dots, dx_n dy_j. \end{aligned} \quad (21)$$

При этом $I(X_1, \dots, Y_2, Y_j)$ представляет собой количество информации о входной величине объекта, которое может быть получено по вектору входных величин при рассмотрении их совместного влияния на Y_j , а средняя условная энтропия $H(Y_j / X_1, \dots, X_n)$ является характеристикой той неопределенности, которая вызвана влиянием совокупности других факторов. Тогда аналогично одномерному случаю в качестве информационной меры идентичности принимается нормированное значение $I(X_1, \dots, Y_2, Y_j)$ и в качестве меры неидентичности — нормированное значение $H(Y_j / X_1, \dots, X_n)$.

$$g\{X_1, \dots, X_n, Y_j\} = \frac{I\{X_1, \dots, X_n, Y_j\}}{H\{Y_j\}}; \quad \bar{g}\{X_1, \dots, X_n, Y_j\} = \frac{H\{Y_j / X_1, \dots, X_n\}}{H\{Y_j\}}. \quad (22)$$

Известен подход к формированию словаря признаков, основанный на определении классов $P(\Omega_j)$, $I, j = 1, \dots, m$, с условными плотностями распределений значений признаков $f_j(x_i), f_j(x_s)$. Количество информации, получаемое системой при измерении признака x_i , равно величине полной условной энтропии [12]:

$$\bar{H}(B / x_i) = - \sum_{j=1}^m P(\Omega_j) \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^{n_i} P(x_{i_k} / \Omega_j) P(\Omega_j / x_{i_k}) \log P(\Omega_j / x_{i_k}). \quad (23)$$

Если система получила результаты, связанные с определением с помощью экспериментов полной энтропией системы и полной условной энтропией, то получим

$$J_{x_i} = H(A) - \bar{H}(B / x_i). \quad (24)$$

При этом предполагается, что качество признака x_i тем больше, чем больше количество информации, получаемое системой при определении данного признака. Таким образом, процедура обратной связи должна содержать не менее двух каналов: канал коррекции текущих возмущений и канал нормализации.

Реализация структуры, приведенной на рис. 3, затруднена тем, что непосредственное измерение информационных характеристик затруднено, и более удобно использовать обратную задачу:

$$\begin{aligned} \omega^* &\longrightarrow \inf_{u=u^*} I(\omega, \omega^*(u^*)) = 0; \\ u^* &\longrightarrow \sup_{\omega=\omega^*} (f - f^*(\omega, \omega(u))) = 0; \\ f - f^*(\omega, \omega(0)) &< 0, \end{aligned} \quad (25)$$

что приводит к решению задачи в пространстве сигналов. Задача идентификации в пространстве сигналов ведет к созданию системы управления — регулятора для ассоциативной памяти, обеспечивающей генерацию эталонных данных [13]. Исходя из требования устранения статической ошибки, структура регулятора должна включать тракты накопления информации, нормализации и прогноза. Данная структура (см. рис. 3) позволяет наиболее полно использовать информацию об объекте при решении задачи идентификации.

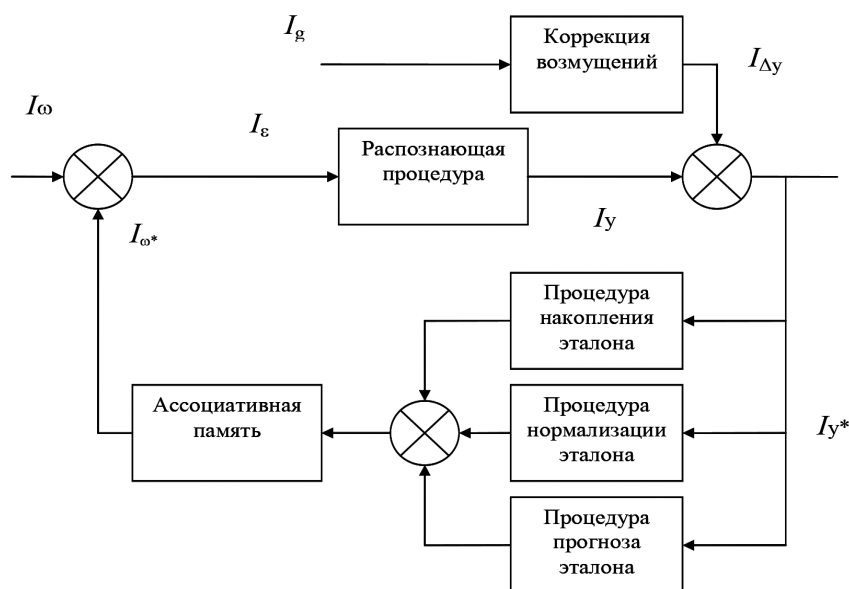


Рис. 3. Энтропийная модель процесса идентификации экспертной системы диагностики судового энергетического оборудования

Полученная энтропийная модель процесса идентификации данных диагностики судового энергетического оборудования отвечает требованию инвариантности, допуская получение независимости от возмущений и оптимальных динамических характеристик.

Обсуждение (Discussion)

Рассмотрим полученную энтропийную модель с точки зрения использования при диагностике судового энергетического оборудования. Энтропийная модель процесса идентификации данных диагностики судового энергетического оборудования является системой интеллекта, включающей ряд взаимодействующих между собой интеллектуальных модулей и определяется следующим набором:

$$SS = \langle M, R(M), F(M), F(SS) \rangle, \quad (26)$$

где $M = \{M_i\}$ — множество формальных или логико-лингвистических моделей, реализующих определенные интеллектуальные функции;

$R(M)$ — функция выбора необходимой модели (совокупности моделей) в текущей ситуации;

$F(M) = \{F(M_i)\}$ — множество функций модификации моделей;

$F(SS)$ — функция модификации собственно системы SS и ее базовых конструкций M , $R(M)$, $F(M)$.

Важным принципом построения энтропийной модели процесса является адаптивность представления знаний и поиска решения. Требования адаптивности к различным изменениям сводятся к следующему: разработанная энтропийная модель процесса идентификации данных диагностики судового энергетического оборудования в каждый момент времени должна поддерживать организацию процессов. При диагностике сложного оборудования система должна обеспечивать возможность поиска приемлемого решения в условиях жестких временных ограничений. Число

анализируемых параметров может быть очень большим, что не позволяет выполнить качественный анализ информации на основе ее последовательной обработки.

На рис. 4 приведены поле корреляции линии равного уровня поля корреляции и накопленного за двадцать строк сканирования сигнала управления при обнаружении дефекта структуры вспомогательного дизель-генераторного агрегата рыбопромыслового судна.

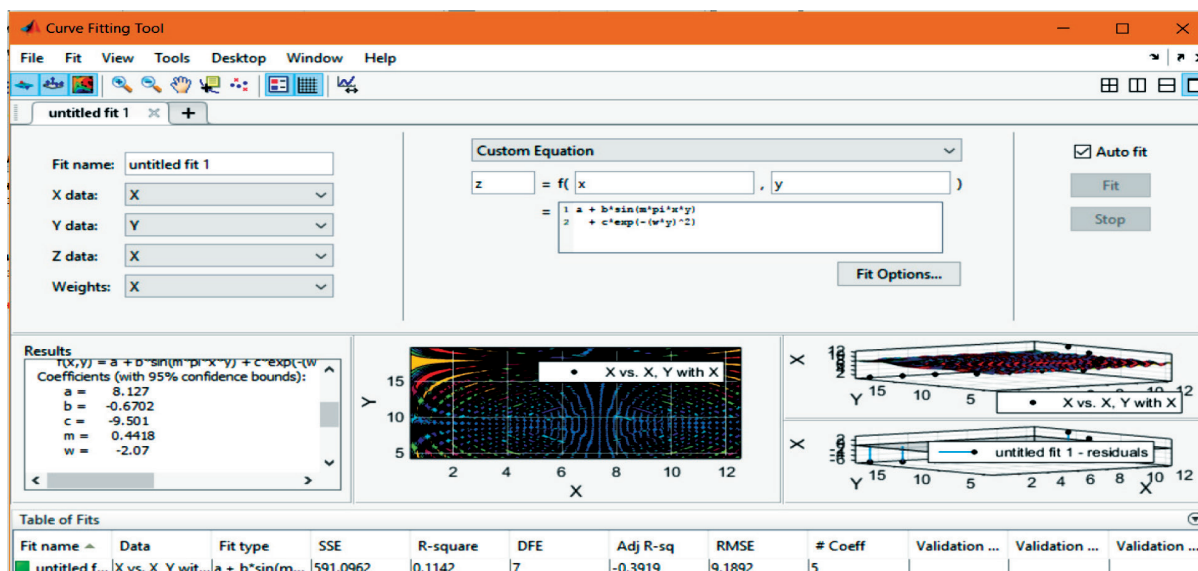


Рис. 4. Поле отклика коррелятора в момент обнаружения дефекта вспомогательного дизель-генератора рыбопромыслового судна (скриншот MatLab)

Как видно из рис. 4, при обнаружении дефектного участка затраты управления резко увеличиваются, что позволяет принять решение об отличии состояния контролируемого полотна от эталонного.

Выводы (Summary)

1. Разработанная энтропийная модель процесса идентификации данных диагностики судового энергетического оборудования позволяет выполнять диагностику объектов главной и вспомогательной энергетической установки в требуемом диапазоне при условии противостояния воздействию внешних возмущений
2. Энтропийная модель процесса идентификации данных диагностики судового энергетического оборудования позволяет сделать следующие выводы: пространство образов данных диагностики, пространство сигналов и информационное пространство, описывающее энтропийную модель системы, являются нормированными метрическими пространствами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Барсегян А. А. Анализ данных и процессов: учеб. пособие / А. А. Барсегян [и др.]. — 3-е изд. — СПб.: БХВ-Петербург, 2009. — 512 с.
2. Zhukov V. Monitoring Systems of Ship Power Plants During Operation / V. Zhukov, A. Butsanets, S. Sherban, V. Igonin // Energy Management of Municipal Transportation Facilities and Transport. — Springer, Cham, 2018. — Pp. 419–428. DOI: 10.1007/978-3-030-19756-8_40.
3. Жиленков А. А. Исследование автоколебательных процессов в комбинированных автономных электроэнергетических системах / А. А. Жиленков, С. Г. Черный // Контроль. Диагностика. — 2016. — № 5. — С. 61–67. DOI: 10.14489/td.2016.05.pp.061-067.
4. Черный С. Г. Повышение производительности микропроцессорной сети управления на платформе Ethernet для системы буровых комплексов / С. Г. Черный // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. — 2016. — № 1. — С. 2–10.

5. Доровской В. А. Идентификация профессиональных знаний операторов автоматизированных систем управления: дис... д-ра техн. наук: 05.13.06 / Владимир Алексеевич Доровской. — Херсон: ХНТУ, 2004. — 412 с.

6. Железняк А. А. Перспективные пути повышения эффективности диагностирования параметров надежности эксплуатации морского бурового оборудования / А. А. Жиленков, А. А. Железняк, С. Г. Черный // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2015. — № 1 (29). — С. 90–97. DOI: 10.21821/2309-5180-2015-7-1-90-97.

7. Железняк А. А. Мониторинг данных микропроцессорных сетей управления судовыми электро-энергетическими системами / А. А. Железняк, В. А. Доровской // Системы управления и информационные технологии. — 2015. — № 4 (62). — С. 89–94.

8. Васильев Б. В. Диагностирование технического состояния судовых дизелей / Б. В. Васильев, Д. И. Кофман, С. Г. Эренбург; под ред. Б. В. Васильева. — М.: Транспорт, 1982. — 144 с.

9. Zhilenkov A. Investigation performance of marine equipment with specialized information technology / A. Zhilenkov, S. Chernyi // Procedia Engineering. — 2015. — Vol. 100. — Pp. 1247–1252. DOI: 10.1016/j.proeng.2015.01.490.

10. Черный С. Г. Анализ надежности энергетических систем морских буровых платформ в акватории черного моря / С. Г. Черный // Нефтяное хозяйство. — 2016. — № 2. — С. 106–110.

11. Горева Т. И. Нейросетевые модели диагностики технических систем / Т. И. Горева, Н. Н. Портнягин, Г. А. Пюкке // Вестник КРАУНЦ. Физико-математические науки. — 2012. — № 1 (4). — С. 31–43.

12. Сахаров В. В. Алгоритмизация и синтез систем управления судовыми динамическими объектами средствами математического программирования / В. В. Сахаров, А. А. Чертков, С. В. Сабуров // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова. — 2016. — № 3 (37). — С. 201–211. DOI: 10.21821/2309-5180-2016-7-3-201-211.

13. Zhukov V. A. Engines for Water Transport of Russia / V. A. Zhukov [et al] // 2018 IEEE «International Conference Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies» (IT&QM&IS). — IEEE, 2018. — Pp. 290–294. DOI: 10.1109/ITMQIS.2018.8525101.

REFERENCES

1. Barsegyan, A. A., M. S. Kupriyanov, I. I. Kholod, M. D. Tess, and S. I. Elizarov. *Analiz dannykh i protsessov: ucheb. posobie*. 3rd ed. SPb.: BKhV-Peterburg, 2009.

2. Zhukov, Vladimir, Artem Butsanets, Sergey Sherban, and Vladimir Igonin. “Monitoring Systems of Ship Power Plants During Operation.” *Energy Management of Municipal Transportation Facilities and Transport*. Springer, Cham, 2018. 419–428. DOI: 10.1007/978-3-030-19756-8_40

3. Zhilenkov, A. A., and S. G. Chernyi. “The Investigation of the self-sustained oscillations in a Combined Autonomous Electric Energy Systems.” *Testing, Diagnostics* 5 (2016): 61–67. DOI: 10.14489/td.2016.05.pp.061-067

4. Chernyi, S. G. “Improving performance of microprocessor network management platform for Ethernet systems drilling rigs.” *Instruments and Systems: Monitoring, Control, and Diagnostics* 1 (2016): 2–10.

5. Dorovskoi, V. A. Identifikatsiya professional'nykh znaniy operatorov avtomatizirovannykh sistem upravleniya. Dr. diss. Kherson: KhNTU, 2004.

6. Zhilenkov, A. A., A. A. Zhelezniak, and S. G. Cherniy. “Prospective ways to improve the efficiency of diagnosis reliability parameters of operation of offshore drilling equipment.” *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 1(29) (2015): 90–97. DOI: 10.21821/2309-5180-2015-7-1-90-97.

7. Zheleznyak, A. A., and V. A. Dorovskoi. “Monitoring dannykh mikroprotsessornykh setei upravleniya sudovymi elektroenergeticheskimi sistemami.” *Sistemy upravleniya i informatsionnye tekhnologii* 4(62) (2015): 89–94.

8. Vasil'ev, B. V., D. I. Kofman, and S. G. Erenburg. *Diagnostirovanie tekhnicheskogo sostoyaniya sudovykh dizelei*. Edited by B. V. Vasil'ev. M.: Transport, 1982.

9. Zhilenkov, Anton, and Sergei Chernyi. “Investigation performance of marine equipment with specialized information technology.” *Procedia Engineering* 100 (2015): 1247–1252. DOI: 10.1016/j.proeng.2015.01.490

10. Chernyi, S. G. “Analysis of the energy reliability component for offshore drilling platforms within the Black Sea.” *Oil industry* 2 (2016): 106–110.

11. Goreva, Tatyana Igorevna, Nikolay Nikolaevich Portnjagin, and Georgiy Alexandrovich Pjukke. “Neural network model diagnosis technical systems.” *Bulletin KRASEC. Physical and Mathematical Sciences* 1(4) (2012): 31–43.

12. Saharov, Vladimir Vasilevich, Alexandr Alexandrovich Chertkov, and Sergey Valerevich Saburov. "Algorithmic and synthesis of control systems of ship dynamic objects by means of mathematical programming." *Vestnik Gosudarstvennogo universiteta morskogo i rechnogo flota imeni admirala S. O. Makarova* 3(37) (2016): 201–211. DOI: 10.21821/2309-5180-2016-7-3-201-211.

13. Zhukov, Vladimir A., Ivan I. Kostylev, Aleksandr A. Ivanchenko, and Oleg K. Bezyukov. "Engines for Water Transport of Russia." *2018 IEEE International Conference» Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies»(IT&QM&IS)*. IEEE, 2018. 290–294. DOI: 10.1109/ITM-QIS.2018.8525101.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Железняк Александр Александрович —
кандидат технических наук
ФГБОУ ВО «Керченский государственный
морской технологический университет»
298309, Российская Федерация, Керчь,
ул. Орджоникидзе, 82
e-mail: zheleznyak13@mail.ru

Ениватов Валерий Владимирович —
кандидат технических наук
ФГБОУ ВО «Керченский государственный
морской технологический университет»
298309, Российская Федерация, Керчь, ул.
Орджоникидзе, 82
e-mail: Valeriy.enivatov@gmail.com

Доровской Владимир Алексеевич —
доктор технических наук, профессор
ФГБОУ ВО «Керченский государственный
морской технологический университет»
298309, Российская Федерация, Керчь,
ул. Орджоникидзе, 82
e-mail: dora1943@mail.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Zhelezniak, Aleksandr A. —
PhD
Kerch State Maritime Technological
University
82 Ordzhonikidze Str., Kerch, 298309,
Russian Federation
e-mail: zheleznyak13@mail.ru

Yenivatov, Valerii V. —
PhD
Kerch State Maritime Technological
University
82 Ordzhonikidze Str., Kerch, 298309,
Russian Federation
e-mail: Valeriy.enivatov@gmail.com

Dorovskoy, Vladimir A. —
Dr. of Technical Sciences, professor
Kerch State Maritime Technological
University
82 Ordzhonikidze Str., Kerch, 298309,
Russian Federation
e-mail: dora1943@mail.ru

Статья поступила в редакцию 13 июня 2019 г.

Received: June 13, 2019.