

UDC 004.056.53(045)

DOI:10.18372/1990-5548.65.14988

¹O. V. Shefer,
²V. M. Halai,
³V. O. Shefer,
⁴O. V. Mykhailenko

DETECTION OF ANOMALIES IN THE INFO-COMMUNICATION SYSTEM USING THE INFORMATIVE SEQUENCE METHOD

National University “Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic”, Poltava, Ukraine

E-mails: ¹avs075@ukr, ²oyo@ukr.net, ³viktooria.shefer123@gmail.com, ⁴oleg.mixaj@ukr.net

Abstract—The article deals with the method of detection and determination of anomalies or damages in info communication system. As a part of development of the mentioned method, the mathematical apparatus of assuring the high property of system's robustness was taken into consideration. One of the approaches to increase the robustness of the damage detection system, offered in the article, is to minimize the sum of the indices of the generalized probability in the time interval that is being used in relation to the unknown parameters. To reduce real-time computing costs, it is proposed to minimize the functionality at certain intervals. Under the initial conditions of the minimization procedure, it is recommended to accept the data obtained from the previous implementation of this procedure. To simplify the damage detection procedure, it is necessary to analyze the decomposition coefficients simultaneously with the generation of generalized plausibility indices, which is due to a more progressive change of these coefficients in the normal mode of operation than in the abnormal mode, as well as noise level.

Index Terms—Identification of parameters; anomaly; failure; uncertainty; quality of damage detection; generalized plausibility ratio; informative sequence method; time interval; reduced order.

I. INTRODUCTION

The trouble-free operation of hardware and software determines the reliability, quality and adequacy of info-communication systems. Increasing the intensity of information exchange [1], as well as the diversity of information coding [2] lead to a certain decrease in the reliability of the system as a whole and worsen some indicators of the quality of info-communication systems. That, in turn, leads to emergencies and problems related to the timeliness of decisions and the issuance of the right recommendations.

Given the qualitative composition of info-communication systems, where computer technology occupies a leading position, the damage from making wrong decisions is significant. The facts of anomalies or damage in info-communication systems are the cause of failures of continuous technological cycles, loss of information, damage to software products, etc.

II. PROBLEM STATEMENT

To restore the normal operation of info-communication systems, reduce damage and excessive overspending, it is necessary to quickly and accurately identify anomalies or damage, and especially their location.

Models for the synthesis of infocommunication systems can be obtained directly on the basis of

known physical models. A static nonlinear object with one output and multiple inputs can be represented by the equation:

$$f(y, \mathbf{u}) = 0, \quad f(y, \mathbf{u}) = r.$$

If the right part of the system is damaged, it will not be zero.

Dynamics of nonlinear objects with one input and one output: $f(y, y', y'', \dots, y^{(n)}, u, u', u'', \dots, u^{(m)}) = 0$ will have a nonzero right part in case of damage (residues): $f(y, y', y'', \dots, y^{(n)}, u, u', u'', \dots, u^{(m)}) = r$. The peculiarity of the problem of signal parameter identification is the decision-making in real conditions of existing interferences, damages or failures r in the info-communication system.

III. REVIEW OF PUBLICATIONS

To improve the efficiency of detecting damage or failures in the info-communication system based on determining the generalized plausibility ratio by using the method of informative sequence.

Physical objects and processes and the implementation of anomaly detection subsystems in info-communication systems are usually associated with the presence of some uncertainties that can significantly affect the process of diagnosis and localization of failure. In this regard, it is necessary

to distinguish between failures that occur due to the presence of uncertainties, because they can be perceived as a failure of the object. The formalized task of the research is to develop a method of forming and using a sequence of discrepancies, which allows to distinguish the function of the anomaly from the false alarm, which is caused by the appearance of correlated noise.

Theoretical and practical results of parameter identification are considered in [3] – [5], [7] – [12]. At the same time, in the known works not enough attention is paid to the increase of efficiency of damages or failures' in info-communication systems detection. Thus, it is necessary to consider it at the development of subsystems of control and diagnostics of the specified systems.

Classical iterative methods [7] of locating damage are not acceptable because they require limiting the scope for finding solutions. In addition, the obtained solutions can be rejected by any criteria, in particular, one of the criteria may be the maximum permissible deviations of the parameters of the elements from the nominal values. These methods are often rejected in practice because they are time consuming, even with modern computer technology.

Pulse method [7] of damage detection is ineffective due to the presence of noise and partial signal conversion.]

The remote method [7] is about determining the distance from the user to the place of possible damage. However, the actual error in determining the location of the failure can reach up to 5%.

The most modern method of detecting damage is the stochastic method [8], which is based on the use of genetic algorithms. The genetic algorithm performs a directed search of combinations of parameters until the optimal combination is found that satisfies a given condition. The disadvantage of this method is the lack of assessment of each potential solution in terms of its "suitability" for the object or process under consideration.

Therefore, using even the latest methods of damage detection, we cannot determine their actual location due to unacceptable method errors and the

presence of noise and interference in the real conditions of operation of info-communication systems. There is a need to develop a method free from the above defects.

IV. PROBLEM SOLUTION

Damage in the info-communication system can be detected by image recognition methods in their application to the maximum of the reduced curve describing the behavior of the generalized plausibility ratio (GPR) [9]. This method can be simply implemented in practice and does not require significant calculations. The essence of the approach can be explained as follows. Studies have shown that even in the presence of an anomaly in the info-communication system, the maximum value of the generalized plausibility index may not take the essential level necessary for recognition. In addition, this value is stored for a fairly long period of time, and therefore the determination of the presence of damage requires the use of special methods [13], [14].

The following method allows to determine with sufficient probability the presence of an anomaly and significantly reduces the number of cases of false alarms.

The method makes it possible to quickly determine the presence of failure or damage in case that there is a gradual change in parameters in time. The reason for this is that the reduced order functional subspace method is less efficient due to the fact that it is triggered when changes in parameters $\Delta \mathbf{A}$ and $\Delta \mathbf{B}$ of matrices \mathbf{A} , \mathbf{B} take their fixed values. \mathbf{A} , \mathbf{B} – matrices of dynamics and control of the object, respectively.

Let's consider the behavior of M of the indices of the GPR, which are sequentially calculated for pairs (k_i, θ_{i0}) , $1 \leq i \leq M$ for M for consecutive windows $\Theta_i, (1 \leq i \leq M)$ that do not intersect (Fig. 1). Thus, let's consider M of the indices of the GPR of reduced order

$$l_{F_i} \triangleq l(k_i; \theta_{i0}), (1 \leq i \leq M), \tag{1}$$

where k_i and θ_{i0} are the lower and upper borders of the i -window Θ_i , respectively.

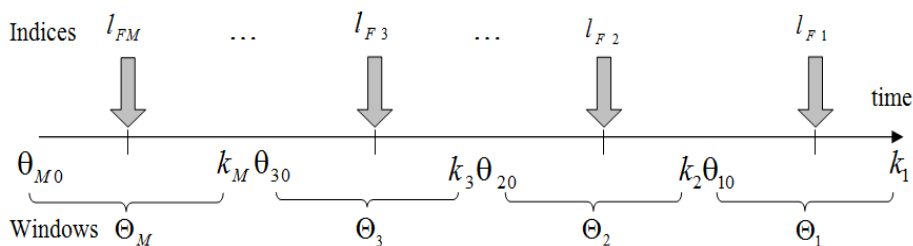


Fig. 1. Illustration of a multi-window approach to the definition of GPR

Parameter ε_0 is the threshold value used to detect damage or failure. Linear discriminant functions in space are used to detect anomalies in the system L , where $L = (l_{F1}, l_{F2}, \dots, l_{FM})^T$.

Consider some features of this method. The larger the value of the offset parameter for the distribution σ_i^2 , the easier it is to detect the presence of an anomaly. If you maximize σ_i^2 in relation to the parameter θ_i for each window Θ_i , i.e do not use a fixed value θ_i , we can get a larger value of the offset parameter σ_i^2 , ($1 \leq i \leq M$). Obviously, it is impossible to say in advance what the optimal values θ_i , ($1 \leq i \leq M$) will be. However, it is logical to assume that at the optimal values of the mentioned parameters, the GPR indices will have higher values than those calculated for the fixed θ_i ones. From a practical point of view, it is better to use the maximum values of GPR, calculated for windows $\{\Theta_i\}$, i.e.

$$l_i \hat{=} \max_{\theta_i \in \Theta_i} l(k_i; \theta_i) = l(k_i; \hat{\theta}_i), \quad (1 \leq i \leq M). \quad (6)$$

Instead of fixed ones $l_{Fi} = l(k_i; \theta_{i0})$, ($1 \leq i \leq M$). With this approach, the actual interval from which information is taken becomes shorter than it was: from $[\theta_{i0}, k_i]$ to $[\hat{\theta}_i, k_i]$ in each window. This means that all observations from θ_{M0} to the current time k are not used, which in the general case can lead to a delay in detecting damage. To avoid such situations, it is necessary to bring the moments of time k_i ($1 \leq i \leq M$) in which the maximum reduced values of GPR are calculated to each other.

This approach involves the use of statistics calculated on an interval $[k - M', k]$ determined by the sum of the maxima of the GPR of the reduced order. The next step is to compare the obtained value with the selected threshold. This time interval should be long enough to maximize the likelihood of damage being detected. The usage this approach automatically creates a delay in detecting damage. For implementation, it is proposed to choose a time interval that will not lead to unacceptable delays in detecting damage. The final rule for determining the presence of damage is as follows:

$$\begin{cases} \text{If } \sum_{i=1}^{N'} l_i \leq \varepsilon_1 \text{ i } \sum_{i=1}^{M'} l_i \leq \varepsilon_2 \rightarrow \text{normal mode,} \\ \text{otherwise} \rightarrow \text{damage,} \end{cases}$$

where N' and M' is the length of short and long time intervals, respectively. Amounts are calculated

at these intervals N' and M' GPR, and sizes l_i , ($i=1, 2, \dots, N', \dots, M'$) represent the maximum reduced GPR indices calculated at the last M' moments of time, including the current time k :

$$l_i \hat{=} \max_{\theta_i} l(k_i; \theta_i), \quad k_i = k - (i - 1). \quad (7)$$

The application of the above method of detecting damage and failures in the control system assumes that the exact model of the object is known. However, in practice this assumption is usually not fulfilled. Therefore, the value of the GPR index can be quite large even in the normal operation of the system. One of the measures to reduce the likelihood of false alarms is to increase the threshold value used in the decision-making process (the robustness of the damage detection and localization system will also be increased). Assume that the discrete analogue of the linear model of object dynamics in the state space has the form:

$$\mathbf{x}(k+1) = \mathbf{A}\mathbf{x}(k) + \mathbf{B}\mathbf{u}(k) + \mathbf{G}\mathbf{w}(k), \quad (8)$$

$$\mathbf{z}(k) = \mathbf{H}\mathbf{x}(k) + \mathbf{v}(k), \quad (9)$$

where $\mathbf{x}(k) \in \mathfrak{R}^n$ is the object state vector; $\mathbf{u}(k) \in \mathfrak{R}^m$ is the vector of control signals; $\mathbf{z}(k) \in \mathfrak{R}^r$ is the vector of observations (measurements) of output signals; $\mathbf{w}(k) \in \mathfrak{R}^p$ and $\mathbf{v}(k) \in \mathfrak{R}^m$ is the mutually independent Gaussian noise sequences with zero means and covariances \mathbf{Q} i \mathbf{R} , respectively. Initial value $\mathbf{x}(0)$ is a random Gaussian variable with a known average; in addition to that $E[\mathbf{x}(0), \mathbf{w}(k)] = 0$, $E[\mathbf{x}(0), \mathbf{v}(k)] = 0$, $\forall k$. Assuming that in case of damage to the object and/or the measuring system, the matrices of the mathematical model will change to values $\Delta\mathbf{A}$, $\Delta\mathbf{B}$ or $\Delta\mathbf{H}$. This means that a function appears in the dynamics equation or in the measurement equation

$$\Delta\mathbf{A}\mathbf{x}(k) + \Delta\mathbf{B}\mathbf{u}(k) \text{ or } \Delta\mathbf{H}\mathbf{x}(k).$$

Models (8), (9) contain the following modeling errors in the matrix of dynamics and the matrix of control factors: $\sum_i \alpha_i \Delta\mathbf{A}_i^0$, $\sum_j \beta_j \Delta\mathbf{B}_j^0$, where $\{\alpha_i\}$, $\{\beta_j\}$ is the unknown measures, and $\Delta\mathbf{A}_i^0$ or $\Delta\mathbf{B}_j^0$ are known ones. Such assumption corresponds to the case where the object model contains uncertainties about the parameters. Parameters $\{\alpha_i\}$, $\{\beta_j\}$ can be constants or they change over time. Generalized plausibility ratio can take fairly large values even in normal operation using the function

$$\sum_i \alpha_i \Delta \mathbf{A}_i^0 \mathbf{x}(k) + \sum_j \beta_j \Delta \mathbf{B}_j^0 \mathbf{u}(k),$$

which is due to uncertainties, takes large values due to parameter errors. Thus, the requirement to minimize model errors emerges. One of the approaches to increase the robustness of the damage detection system is to minimize the sum of GPR indices $\sum_{i=1}^{M'} l_i$ in the time interval under consideration, in relation to unknown parameters. Minimizing this amount will increase the reliability of identification of unknown parameters $\{\alpha_i\}$, $\{\beta_j\}$. Minimization should be performed in the allowable range of parameters $\{\alpha_i\}$ and $\{\beta_j\}$. To reduce real-time computing costs, minimization can be performed at regular intervals. Under the initial conditions of the minimization procedure it is necessary to take the data obtained on the previous implementation of this procedure.

V. RESULTS

As we see, the simulation results are shown in Table I, by the method of information sequence, in comparison with classical methods, have better accuracy of determining the threshold value required to classify the failure of the info-communication system and make the right decision.

TABLE I. EVALUATION OF SIMULATION RESULTS ACCORDING TO THE PROPOSED METHOD

The ratio of "noise-signal"	ε_0	
	Method [9]	By the method of information sequence
0	0.50	0.50
0.1	0.5047	0.5035
0.5	0.5082	0.5074
1.0	0.5175	0.5166
2.0	0.6055	0.5227

To improve the properties of this method, together with increasing the threshold value used to compare the sum of GPR indices, it is recommended to monitor the values of the decomposition coefficients discussed above.

If the statistical characteristics of the correlated noise are known, the proposed method can be applied provided that the extended state vector is used in the model. The characteristics of the damage detection method do not deteriorate. When the noise characteristics of the condition are unknown, the quality of damage detection deteriorates. The method is based on the use of a sequence of discrepancies over fairly long periods of time, which

allows to distinguish the function of the anomaly caused by the appearance of damage from the correlated noise. If the analysis of the decomposition coefficients discussed above is performed simultaneously with the generation of GPR indices, the task of damage detection is facilitated. This is due to the fact that the decomposition coefficients change more in the normal mode of operation of the system than abnormal and depend on the noise level.

VI. CONCLUSIONS

In general, the results of research allow us to draw the following conclusions.

A method for determining the presence of failures in the info-communication system based on the use of Kalman filter (in a moving window) as an informative sequence, and a generalized plausibility ratio, which provides the necessary reliability to correctly determine the current state of the control object.

The proposed method allows with sufficient probability to determine the presence of an anomaly and significantly reduce the number of cases of false alarms.

The method makes it possible to determine the presence of failure or damage much quicker in case that there is a gradual change in parameters over time.

The condition for using the proposed method is to build an adequate mathematical model of the control object in the state space.

REFERENCES

- [1] P. V. ZHuk, O. L. ZHuk, and O. V. Severinov, "Estimation of exchange intensity and volumes of information flows in automated control systems of special purpose," *Information processing systems*, no. 9(107), pp. 169–176, 2012. (in Ukrainian) <http://www.hups.mil.gov.ua/periodic-app/article/10229>
- [2] S. Panchenko, S. Prykhodko, S. Kozelkov, M. Shtompel, V. Kosenko, O. Shefer, and O. Dunaievskaya, "Analysis of efficiency of the bioinspired method for decoding algebraic convolutional codes," *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2/4(98), 2019. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.160753>
- [3] V. I. Dzhigan, *Adaptive signal filtering: theory and algorithms*. Moscow: Tekhnosfera, 2013, 528 p. (in Russian)
- [4] N. Benvenuto and G. Cherubini, *Algorithms for communication systems and their applications*. NJ, Hoboken: John Wiley and Sons, Inc., 2002, 1285 p. <https://doi.org/10.1002/0470855509>

- [5] G. Olsson and D. Piani, *Digital automation and control systems*. St. Petersburg: Nevskij dialekt, 2001, 558 p. (in Russian)
- [6] *Adaptive filters*, edited by K. F. N. Kouena and P. M. Granta, Moscow: Mir, 1988, 392 p. (in Russian)
- [7] V. V. Emelyanov, V. V. Kurejchik, and V. M. Kurejchik, *Theory and practice of evolutionary modeling*, Moscow: Fizmatlit, 2003, 432 p. (in Ukrainian)
- [8] *Synthesis, analysis and diagnostics of electronic circuits: International collection of scientific papers*. Issue 10, edited by V. V. Filaretova. Ulyanovsk: UIGTU, 2012, 280 p. (in Russian)
- [9] V. M. Halai, L. Yu. Spinul, and A. V. Shefer, *Object dynamics control*. Kyiv: Ekonomika i pravo, 2004, 185 p. (in Russian)
- [10] P. S. R. Diniz, *Adaptive filtering algorithms and practical implementation*. 3rd ed. New York, Springer Science + Business Media, 2008, 627 p.
- [11] E. Ajficher and B. Dzhervis, *Digital signal processing. A hands-on approach* Moscow: ID "Vil'yams", 2004, 992 p. (in Russian)
- [12] T. Ogunfunmi, *Adaptive nonlinear system identification: The Volterra and Wiener model approaches*. Springer Science + Business Media, LCC. 2007, 230 p. ISBN-13:978-0387263281, ISBN-10:0817641351
- [13] R. G. Brown, *Introduction to random signal analysis and Kalman filtering*. New York: Wiley & Sons, 1983, 347 p. ISBN-10:0471087327
- [14] R. E. Kalman and R. S. Bucy, "New results in linear filtering and theory of prediction," *Trans. ASME, J. of Basic Eng.*, vol. 83-D, pp. 95–108, 1961. <https://doi.org/10.1115/1.3658902>
- [15] M. Atans and P. Falb, *Optimal control*, Moscow: Mashinostroenie, 1968, 764 p. (in Russian)
- [16] S. Tanaka and P. C. Muller, "Fault detection in linear discrete systems by a pattern recognition of a generalized likelihood-ratio," *Trans. ASME, Dynamic Systems, Measurement and Control*, vol. 112, no. 3, pp. 276–282, 1990. <https://doi.org/10.1115/1.2896136>
- [17] A. I. Orlov, *Applied statistics*, Moscow: Ekzamen, 2004, 656 p. (in Russian)

Received September 01, 2020

Shefer Oleksandr. Doctor of Science (Engineering). Associate Professor.
Chief of Department of Automation, Electronics and Telecommunications of National University "Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic," Poltava, Ukraine.
Education: Poltava State Technical Yuri Kondratyuk University, Poltava, Ukraine, (2000).
Research interests: Increase of signals' noise immunity, telecommunication systems and networks.
Publications: 120.
E-mail: avs075@ukr.net

Halai Vasyl. Candidate of Science (Engineering). Associate Professor.
Department of Automation, Electronics and Telecommunications of National University "Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic," Poltava, Ukraine.
Education: Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University, Poltava, Ukraine, (2006).
Research interests: adaptive control systems, control of complex systems in conditions of uncertainty.
Publications: 79.
E-mail: oyo@ukr.net

Shefer Viktoriia. Student.
National University "Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic," Poltava, Ukraine.
Research interests: research of control systems of complex technical systems
Publications: 3.
E-mail: viktooria.shefer123@gmail.com

Mikhailenko Oleh. Post-graduate student.
National University "Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic," Poltava, Ukraine.
Research interests: telecommunication systems and networks.
E-mail: oleg.mixaj@ukr.net

О. В. Шефер, В. М. Галай, В. О. Шефер, О. В. Михайленко. Виявлення аномалій в інфокомунікаційній системі за допомогою методу інформативної послідовності

В роботі розглянуто метод виявлення та визначення аномалій чи пошкоджень в інфокомунікаційній системі. Запропонований метод відрізняється від відомих тим, що дає змогу значно швидше визначити відмову чи пошкодження у системі, особливо, коли має місце поступова зміна параметрів у часі. Поєднання лінійних дискримінантних функцій у просторі станів та байєсівського правила для прийняття рішень, дають змогу спростити алгоритм виявлення пошкоджень та підвищити точні ідентифікації. В рамках розроблення запропонованого методу опрацьований математичний апарат забезпечення високого ступеня робастності

системи в цілому. Одним з підходів до підвищення робастності системи виявлення пошкоджень, запропонованих у роботі, є мінімізація суми індексів узагальненого співвідношення правдоподібності на часовому інтервалі, що розглядається, по відношенню до невідомих параметрів. Для зменшення обчислювальних витрат в реальному часі, запропоновано виконувати мінімізацію функціоналу через визначені проміжки часу. За початкові умови процедури мінімізації рекомендовано приймати дані, отримані на попередній реалізації цієї процедури. За умов детермінованості статистичних характеристик корельованого шуму, запропонований метод можна застосовувати також за умов використання розширеного вектора стану в моделі. При цьому характеристики методу виявлення пошкоджень не погіршуються. Коли характеристики шуму стану невідомі, то якість виявлення пошкоджень погіршується. Метод ґрунтується на використанні послідовності нев'язок на досить довгих відрізках часу, що дозволяє відрізнити функцію аномалії, котра зумовлена появою пошкодження від корельованого шуму. Для спрощення процедури виявлення пошкоджень необхідно одночасно з генерацією індексів узагальненого співвідношення правдоподібності виконувати аналіз коефіцієнтів розкладу, що зумовлено більш прогресивною зміною зазначених коефіцієнтів у нормальному режимі роботи системи ніж в аномальному, а також залежності від рівня шуму.

Ключові слова: ідентифікація параметрів; аномалія; відмова; невизначеність; якість виявлення пошкоджень; узагальнене співвідношення правдоподібності; метод інформативної послідовності; часовий інтервал; редукований порядок.

Шефер Олександр Віталійович. Доктор технічних наук. Доцент.

Завідувач кафедри автоматики, електроніки та телекомунікацій, Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», Полтава, Україна

Освіта: Полтавський державний технічний університет імені Юрія Кондратюка, Полтава, Україна, (2000).

Напрямок наукової діяльності: підвищення завадостійкості сигналів, телекомунікаційні системи та мережі.

Публікації: 120.

E-mail: avs075@ukr.net

Галай Василь Миколайович. Кандидат технічних наук. Доцент.

Кафедра автоматики, електроніки та телекомунікацій, Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», Полтава, Україна

Освіта: Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, Полтава, Україна, (2006).

Напрямок наукової діяльності: адаптивні системи керування, керування складними системами в умовах невизначеності.

Публікації: 79.

E-mail: oyo@ukr.net

Шефер Вікторія Олександрівна. Студентка.

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», Полтава, Україна.

Напрямок наукової діяльності: дослідження систем керування складними технічними системами.

Публікації: 3.

E-mail: viktooria.shefer123@gmail.com

Михайленко Олег Вікторович. Аспірант.

Кафедра автоматики, електроніки та телекомунікацій, Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», Полтава, Україна.

Напрямок наукової діяльності: телекомунікаційні системи та мережі.

E-mail: oleg.mixaj@ukr.net

А. В. Шефер, В. М. Галай, В. А. Шефер, О. В. Михайленко. Выявление аномалий в инфокоммуникационной системе с помощью метода информативной последовательности

В работе рассмотрен метод обнаружения и определения аномалий или поврежденных в инфокоммуникационной системе. Предложенный метод отличается от известных тем, что позволяет значительно быстрее определить отказ или повреждение в системе, особенно, когда имеет место постепенное изменение параметров во времени. Сочетание линейных дискриминантных функций в пространстве состояний и байесовского правила для принятия решений, позволяют упростить алгоритм выявления повреждений и повысить точные идентификации. В рамках разработки предложенного метода разработанный математический аппарат обеспечения высокой степени робастности системы в целом. Одним из подходов к повышению робастности системы обнаружения повреждений, предложенных в работе, является минимизация суммы индексов обобщенного соотношения правдоподобия на временном интервале рассматриваемого в отношении неизвестных параметров. Для уменьшения вычислительных затрат в реальном времени, предложено выполнять минимизацию функционала через определенные промежутки времени. За начальные условия процедуры минимизации рекомендовано принимать данные, полученные на предыдущей реализации этой процедуры. В условиях детерминированности статистических характеристик коррелированного шума, предложенный метод

применим также при использовании расширенного вектора состояния в модели. При этом характеристики метода выявления повреждений не ухудшаются. Когда характеристики шума состояния неизвестны, то качество обнаружения повреждений ухудшается. Метод основан на использовании последовательности невязок на довольно длинных отрезках времени, что позволяет отличить функцию аномалии, которая обусловлена появлением повреждения от коррелированного шума. Для упрощения процедуры выявления повреждений необходимо одновременно с генерацией индексов обобщенного соотношения правдоподобия выполнять анализ коэффициентов разложения, что обусловлено более прогрессивным изменением указанных коэффициентов в нормальном режиме работы системы чем в аномальном, а также зависимости от уровня шума.

Ключевые слова: идентификация параметров; аномалия; отказ; неопределенность; качество обнаружения повреждений; обобщенное соотношение правдоподобия; метод информативной последовательности; временной интервал; редуцированный порядок.

Шефер Александр Витальевич. Доктор технических наук. Доцент.

Заведующий кафедрой автоматике, электроники и телекоммуникаций, Национальный университет «Полтавская политехника имени Юрия Кондратюка», Полтава, Украина.

Образование: Полтавский государственный технический университет имени Юрия Кондратюка, Полтава, Украина, (2000).

Направление научной деятельности: повышение помехоустойчивости сигналов, телекоммуникационные системы и сети.

Количество публикаций: 120.

E-mail: avs075@ukr.net

Галай Василий Николаевич. Кандидат технических наук. Доцент.

Кафедра автоматике, электроники и телекоммуникаций, Национальный университет «Полтавская политехника имени Юрия Кондратюка», Полтава, Украина.

Образование: Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка, Полтава, Украина, (2006).

Направление научной деятельности: адаптивные системы управления, управление сложными техническими системами в условиях неопределенностей.

Количество публикаций: 79.

E-mail: oyo@ukr.net

Шефер Виктория Александровна. Студентка.

Национальный университет «Полтавская политехника имени Юрия Кондратюка», Полтава, Украина.

Направление научной деятельности: исследование систем управления сложными техническими системами.

Количество публикаций: 3.

E-mail: viktooria.shefer123@gmail.com

Михайленко Олег Викторович. Аспирант.

Кафедра автоматике, электроники и телекоммуникаций, Национальный университет «Полтавская политехника имени Юрия Кондратюка», Полтава, Украина.

Направление научной деятельности: телекоммуникационные системы и сети.

E-mail: oleg.mixaj@ukr.net