

Міністерство освіти і науки України

Системні технології

6 (59) 2008

Регіональний міжвузівський збірник наукових праць

Засновано у січні 1997 р.

У випуску:

- МАТЕМАТИЧНЕ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ

Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 6 (59). – Дніпропетровськ, 2008. – 212 с.
ISSN 1562-9945

Редакційна колегія випуску:

Архипов О.Є., д-р техн. наук, проф.
Бодянський Є.В., д-р техн. наук, проф.
(відп.редактор випуску)

Бідюк П.І., проф., д-р техн. наук
Грицик В.В. чл.-кор. НАН України, д-р
техн. наук, проф.

Казак В.М., проф., д-р техн. наук
Коваленко І.І., д-р техн. наук, проф.

Литвиненко В.І., канд.техн.наук,
(відп.секретар випуску)

Михальов О.І., д-р техн.наук,проф.,
(заст.відп.редактора)

*Математичне
та програмне за-
безпечення інте-
лектуальних си-
стем*

Збірник друкується за рішенням Вченої Ради
Національної металургійної академії України
від 13.06.2007 р., №5.

Адреса редакції: 49635, Дніпропетровськ,
пр. Гагаріна, 4 Державне науково-виробниче
підприємство Міністерства освіти і науки
України „Системні технології”.

Тел. 8-0562-474256

E-mail: st@dmegi.dp.ua

[http: //dmegi.dp.ua/st](http://dmegi.dp.ua/st)

© ДНВП “Системні технології”, 2008

MATHEMATICAL ANALYSIS OF BIBLIOMETRICAL INDICES OF NEUROPHYSIOLOGICAL INVESTIGATIONS OF ACTION ELECTROMAGNETIC FIELDS (MEDLINE-INTERNET)

Introduction

Biological effects of electromagnetic fields (EMF) interested humanity for many centuries. Development of modern society is connected to the extensive use of electromagnetic fields of wide frequency and intensity range. Sources of the electromagnetic radiation are radio communications, various radar systems, some technological processes at enterprises, transport, research instruments, wiring, home electric appliances, and etc. Technical progress promotes expansion of investigations of influence of EMP on organism [8]. It is known, that the nervous system is of great significance in different reactions of animals and humans to EMF [1, 2].

Towards middle of the seventies years of XXth century probably more 3 thousand publications on biological effects of EMF and about 2 thousand publications on biological effects of magnetic fields were accumulated [8]. 20 years later the number of publications concerned action of non-ionizing radiation of different kinds is believed to reach 10 thousand [2, 9]. Now they number is about 70 thousand [4, 7]. Nevertheless bibliometrical investigation of published material on electromagnetic biology including neurophysiological aspects was not carried out up to now. The present work is devoted just to examination of quantitative characteristics of publications of this trend, specifically on action of EMF upon neurophysiological objects.

Preliminary results on this problem partly were presented in our another papers [4, 71].

Materials and methods

Quantitative characteristics of publications on neurophysiological effects of EMF in world during 35-year period in the later half of the XX-th century (1966-2000) was considered. Investigations of this trend were analyzed on the base of the database "Medline" accessible through Internet. The numbers of publications on the present problem were ob-

tained according to chosen key words. Bibliometrical data concerned investigations performed with application of EMF in different neurophysiological objects (the brain, the cortex, neurons, nerves).

At statistical analysis of the material the comparison of sampling fractions of received data from them sum, from the total number of works with application of EMF, and from the total number of works carried out in corresponding neurophysiological objects are used. Calculations were performed on the base of t -criterion for selective portions of variants.

Results

Information on quantitative characteristics of neurophysiological publications on effects of EMP was received on fundamental subdivision -the brain, the cortex, neurons, nerves. On the whole the number of published works carried out in different neurophysiological objects reached 1401300 in 35-years period. The numbers of investigations carried out in the brain, the cortex, neurons, nerves were 705259, 180602, 237160, 278279 correspondingly. The total number of works with application of EMF was 6001. Materials concerned investigations in different neurophysiological objects under action of EMF were considered.

Characteristics of received totalities is presented in table 1.

Table 1

General data on the number of published works carried out in different neurophysiological objects with application EMF during 35-year period

Objects	Characteristics of totalities			
	Total number of papers in 35 years	Sampling variance	Average number of papers in 1 year	Standard deviation
1	1112	1144.53	31.77	5.75
2	409	201.93	11.69	2.40
3	277	70.85	7.91	1.42
4	354	117.57	10.11	1.83
5	2152	4346.90	61.49	11.14

Application: 1 - the brain, 2 - the cortex, 3 - neurons, 4 - nerves, 5- sum.

Table 2

Sampling fractions of received data from them sum, from the total number of works with application of EMF and from the total number of works carried out in corresponding neurophysiological objects

Objects	Characteristics of totalities		
	Sampling fraction from these data (%)	Sampling fraction from total data with EMF (%)	Sampling fraction from total data in these objects (%)
1	51.67	18.53	0.16
2	19.01	6.82	0.23
3	12.87	4.62	0.12
4	16.45	5.90	0.13
5	100.00	35.86	0.15

Application: as in table 1.

Table 3

Comparison of sampling fractions of received data from them sum, from the total number of works with application of EMF and from the total number of works carried out in corresponding neurophysiological objects

Objects	Comparison of sampling fraction of totalities		
	Comparison of sampling fraction from these data (U)	Comparison of sampling fraction from total data with EMF (U)	Comparison of sampling fractions from total data in these objects (U)
1-2	<u>19.71</u>	<u>11.84</u>	<u>6.07</u>
1-3	<u>24.88</u>	<u>14.99</u>	<u>5.40</u>
1-4	<u>21.77</u>	<u>13.05</u>	<u>3.55</u>
2-3	<u>5.17</u>	<u>3.15</u>	<u>8.64</u>
2-4	<u>2.07</u>	1.21	<u>8.93</u>
3-4	<u>3.10</u>	1.94	1.07

Application: significant values of coefficients of correlation and statistically significant distinctions between distributions are underlined ($U > 1.96$ corresponds to $p < 0.05$, $U > 2.58$ corresponds to $p < 0.01$); the other designations as in table 1.

Sampling fractions of received data from them sum, from the total number of works with application of EMF and from the total number of works carried out in corresponding neurophysiological objects are shown in table 2. Statistical comparison of indicated sampling fractions is reflected in table 3. Dynamics of the number of published works carried out in different neurophysiological objects and dynamics of the considered sampling fractions are demonstrated in tables 4-7.

Table 4

Dynamics of the number of published works carried out in different neurophysiological objects with application EMF during 35-year period

Objects	Indices for different five-year periods						
	1966-70	1971-75	1976-80	1981-85	1986-90	1991-95	1996-2000
1	9	17	37	76	183	352	422
2	5	2	7	21	80	125	169
3	4	8	12	15	56	83	99
4	0	4	13	24	68	127	118
5	18	31	69	136	387	687	808

Application: as in table 1.

Table 5

Dynamics of the sampling fractions (%) of published works carried out in different neurophysiological objects during 35-year period from them number

Objects	Indices for different five-year periods						
	1966-70	1971-75	1976-80	1981-85	1986-90	1991-95	1996-2000
1	50.00	54.84	53.62	55.88	47.29	51.24	52.23
2	27.78	6.45	10.14	15.44	20.67	18.19	20.92
3	22.22	25.81	17.39	11.03	14.47	12.08	12.25
4	0	12.90	18.84	17.65	17.57	18.49	14.60
5	100	100	100	100	100	100	100

Application: as in table 1.

Table 1 demonstrated that investigations made on the whole brain with employment of EMF predominate. This phenomenon is the result of increased interest of specialists of applied sciences to investigation of effects of EMF in the whole brain.

As far as information performed in tables 2 and 3, firstly sampling fraction from total data in corresponding neurophysiological objects

with EMF prevails in works carried out in the whole brain. Secondly similar effect is at the total number of works with application EMF. These differences are statically significant. However increased sampling fraction from all works in neurophysiological objects takes place in investigations on the cortex. The reason of this fact is relatively small part of the number of investigation on the whole brain in general totality of neurophysiological works.

Table 6

Dynamics of the sampling fractions (%) of published works carried out in different neurophysiological objects during 35-year period from the total number of works with application of EMF

Objects	Indices for different five-years periods						
	1966-70	1971-75	1976-80	1981-85	1986-90	1991-95	1996-2000
1	16.98	13.82	9.34	11.78	19.02	21.01	19.84
2	9.43	1.63	1.77	3.26	8.32	7.46	7.94
3	7.55	6.50	3.03	2.33	5.82	4.96	4.65
4	0	3.25	3.28	3.72	7.07	7.58	5.55
5	33.96	25.20	17.42	21.09	40.23	41.01	37.99

Application: as in table 1.

Table 7

Dynamics of the sampling fractions (%) of published neurophysiological works with application of EMF during 35-year period from the total number of works carried out in corresponding neurophysiological objects

Objects	Indices for different five-year periods						
	1966-70	1971-75	1976-80	1981-85	1986-90	1991-95	1996-2000
1	0.02	0.03	0.05	0.08	0.15	0.25	0.27
2	0.04	0.01	0.03	0.09	0.28	0.35	0.42
3	0.05	0.06	0.06	0.05	0.13	0.14	0.15
4	0	0.02	0.04	0.06	0.14	0.22	0.19
5	0.02	0.03	0.05	0.07	0.24	0.23	0.25

Application: as in table 1.

Dynamics of the studied indices during 35-year period is presented in tables 4-7.

Steady, but non-linear, increase of the numbers of published works carried out in different neurophysiological objects with application took place during EMF 35-year period (table 4).

Dynamics of the sampling fractions (%) of published works carried out in different neurophysiological objects during 35-year period from them number did not possess essential increase (table 5). The reason of this fact is probably similar increase of all indices (table 4).

Dynamics of the sampling fractions (%) of published works carried out in different neurophysiological objects during 35-year period from the total number of works with application of EMF displayed non-linear fluctuations (table 6). It is curious that the sampling fractions of the works on neuronal level shown decrease.

Dynamics of the all sampling fractions (%) of published neurophysiological works with application of EMF during 35-year period from the total number of works carried out in corresponding neurophysiological objects had considerable increase (table 7).

Conclusion

The present bibliometrical investigations permitted to consider of quantitative characteristics of published works carried out with application EMF in different neurophysiological objects during 35-year period. The whole brain, the cortex, neurons and nerves were selected for examination on this trend. Besides dynamics of the number of published works carried out in different neurophysiological objects and dynamics of the considered sampling fractions were studied.

Mathematical analysis showed that the least number is observed at works of effects of EMF on neuronal level. It is necessary to acknowledge that methodical complexities of investigations on neuronal level serves restrictive circumstance.

Dynamics of the number of investigated indices was non-linear and compound. Significant increase was found at the sampling fractions (%) of published neurophysiological works with application of EMF during 35-year period from the total number of works carried out in corresponding neurophysiological objects

Unfortunately fundamental investigations of neurophysiological effects of EMF are played no enough attention to. I particular this supposition concerns investigations on neuronal level. However, in the future they will hold a leading position in solution of the problem of biological action of EMF [1, 3, 5, 6]. Investigations supported by the Grant of Russian Foundation of Fundamental Investigations, 00-04-48139.

REFERENCES

1. Chizhenkova R.A. Slow potentials and spike unit activity of the cerebral cortex of rabbits exposed to microwaves. Bioelectromagnetobiology. 1988, v. 9, D 3, pp. 337-345.
2. Chizhenkova R.A. Neuronal activity under microwave exposure. - In: Electromagnetic fields: biological effects and hygienic standardization. Eds.: M.H. Repacholi, N.B. Rubtsova, and A.M. Muc. Geneva, 1999, p. 389-395.
3. Chizhenkova R.A. Pulse flows of populations of cortical neurons under microwave exposure of different intensity. Bioelectrochemistry, 2004, v. 63, D 1-2, pp. 343-346.
4. Chizhenkova R.A. Bibliometrical review of neurophysiological investigation of action of non-ionized radiation in second half of the XXth century. Biophysics.- 2005.- V. 50, Supplement D 1, pp. 163-172.
5. Chizhenkova R.A., Safroshkina A.A. Effect of low-intensity microwaves on the behavior of cortical neurons. Bioelectrochemistry and Bioenergetics, 1993, v. 30, D 1, pp. 287-391.
6. Chizhenkova R.A., Safroshkina A.A. Electrical reactions of the brain to microwave irradiation. Electro- and Magnetobiology, 1996, v. 15, D 3, pp. 253-258.
7. Chizhenkova R.A., Safroshkina A.A., Slashcheva N.A., Chernukhin V.Yu. Bibliometrical analysis of neurophysiological aspects of action of non-ionized radiation. Uspekhi sovremennoy biologii, 2004, v. 124, D 5, pp. 472-479.
8. Kholodov Yu.A. Reactions of nervous system on electromagnetic fields. Moscow: Nauka, 1975. 207 p.
9. Merkulova L.M., Kholodov Yu.A. Reactions of excitable tissues of organism on pulsed magnetic fields. Cheboksary: Universitet, 1996. P. 174 p.

COMBINATION OF FUZZY AND "CRISP" PRINCIPLES IN MODERN MUTIVARIABLE ROBUST FLIGHT CONTROL

Introduction

In the last years, the problem of the flight control system robustness became a challenge for designers. Several methods have been proposed in the area [1]. In the present paper the combination of the fuzzy inference system and the traditional control is investigated in order to achieve the aforementioned objective. The complexity of the task brought us to divide the design procedure into two stages. At the first stage the inner loop controller is designed based on the crisp controller, the second stage is devoted to the design of the outer loop controller based on the fuzzy system. In the design of flight control law one should care about many problems, especially in the area of unmanned aerial vehicles (UAV), due to the expensive cost of the on-board computers and navigation sensors as well as to the weight, cost and power consumption of the UAV, which should be reduced to the minimum. For these reasons the control law should be simple enough and should respond to the expected performances and robustness requirements of the flight control. In order to reduce the navigation sensors and the weight and cost of the UAV, in this paper, the optimal controller is designed for the inner loop based on the separation theorem [9]. The state estimator is used to restore the unavailable measurements which could be contaminated by noises, in the next step a state feedback control law is designed for the filtered states based on the linear quadratic regulation.

However, during the flight, the UAV is vulnerable towards the changeable of atmospheric conditions and parameters of the plant model. Hence, the designed control law may not keep the predefined objectives of robustness and performances. The H_2/H_∞ - robust optimization is used to seek the trade off between the performances and robustness of the inner loop controller [7, 8].

In the second stage the fuzzy system is used to design the outer loop control law. The fuzzy controller used in this report is inspired from the well known conventional adaptive controller called model ref-

erence adaptive controller (MRAC) [12]. Such controllers have the learning ability from a reference model which approximates the dynamic of flight. The fuzzy controller is used to hold the altitude of the UAV [1]. The design of fuzzy controller is based on ad-hoc method and on the expert's knowledge, by this fact the rule base of the controller may not be consistent and/or the expert could omit some uncertainties which can occur during the flight. For this reason, the fuzzy controller should update or adjust its rule base constantly to overcome the aforementioned problems. To do so, the dynamic of the controlled model is approximated in the reference model and the fuzzy controller learns from it to synthesize and/or adjust its knowledge base during the flight, this method is called Model Reference Teaming Control (FMRTC) [14].

The choice of such combination of 'crisp' and fuzzy control can be justified by the following reasons: the order of the mathematical model is very high, and for satisfying of stability and performance requirements the controller must use information from many sensors. It in turn requires very large amount of inference rules and the knowledge base of the fuzzy controller would be unfeasible. In case of combined system fuzzy controller could be essentially simplified: two or even one input would be enough.

Inner loop control law

The inner loop controller is designed using the separation theorem [3, 9] to stabilize the true airspeed V_t and the pitch angle. The state space model of the controlled plant is given by the following matrices $[A, B, C, D, G]$, where $A \in \mathbb{R}^{n \times n}$, $B \in \mathbb{R}^{n \times q}$, $C \in \mathbb{R}^{p \times n}$, $D \in \mathbb{R}^{p \times q}$, $G \in \mathbb{R}^{n \times 1}$, and is given by:

$$\begin{aligned} \dot{X} &= AX + BU + Gw \\ Y &= CX + DU + v \end{aligned} \quad (1)$$

The vector w represents the process disturbances (wind turbulence), described by the outputs of the Dryden filter, v is the sensors noises. In order to apply the separation theorem it would be necessary to include the model of the wind turbulence. In this paper it is given by the Dryden filter [7]. Let the quadruple matrices $[A_{dr}, B_{dr}, C_{dr}, D_{dr}]$ represents the state space model of the forming filter, where $A_{dr} \in \mathbb{R}^{r \times r}$, $B_{dr} \in \mathbb{R}^{r \times 2}$, $C_{dr} \in \mathbb{R}^{1 \times r}$, $D_{dr} \in \mathbb{R}^{1 \times r}$, this task is performed using series

connection of the mentioned filter and the state space model of the UAV, the extended state space model of the overall model is described in the following:

$$\left[\begin{array}{c|c} \mathbf{A}_{\text{ex}} & \mathbf{B}_{\text{ex}} \\ \hline \mathbf{C}_{\text{ex}} & \mathbf{D}_{\text{ex}} \end{array} \right] = \left[\begin{array}{cc|cc} \mathbf{A} & \mathbf{GC}_{\text{dr}} & \mathbf{B} & \mathbf{GB}_{\text{dr}} \\ \mathbf{0}_{r \times n} & \mathbf{A}_{\text{dr}} & \mathbf{0}_{r \times q} & \mathbf{B}_{\text{dr}} \\ \hline \mathbf{C} & \mathbf{0}_{p \times r} & \mathbf{D} & \mathbf{0}_{p \times 2} \end{array} \right] \quad (2)$$

The state space model represented in (2) is 'contaminated' by noises and some states are not available for measurement, which justifies the use of Kalman filter to restore the full measurements, after reconstructing the full states an optimal deterministic controller- state feedback is designed [9]. The optimal Kalman filter is defined as:

$$\begin{aligned} \dot{\tilde{\mathbf{X}}} &= \mathbf{A}_{\text{ex}} \tilde{\mathbf{X}}_{\text{ex}} + \mathbf{B}_{\text{ex}} \mathbf{U} + \mathbf{L}(\mathbf{Y} - \mathbf{C}_{\text{ex}} \tilde{\mathbf{X}}_{\text{ex}} - \mathbf{D}_{\text{ex}} \mathbf{U}) \\ \begin{bmatrix} \tilde{\mathbf{Y}} \\ \tilde{\mathbf{X}} \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} \mathbf{C}_{\text{ex}} \\ \mathbf{I} \end{bmatrix} \tilde{\mathbf{X}}_{\text{ex}} + \begin{bmatrix} \mathbf{D}_{\text{ex}} \\ \mathbf{0} \end{bmatrix} \mathbf{U} \end{aligned} \quad (3)$$

where $\mathbf{L}$ is the Kalman gain matrix given by the following expression:

$$\mathbf{L} = \mathbf{P} \mathbf{C}_{\text{ex}}^T \mathbf{R}_{\text{N}}^{-1} \quad (4)$$

and $\mathbf{P}$ is solution to the following *Algebraic Riccati Equation (ARE)*:

$$\mathbf{A}_{\text{ex}} \mathbf{P} + \mathbf{P} \mathbf{A}_{\text{ex}}^T + \mathbf{B}_{\text{ex}} \mathbf{Q}_{\text{N}} \mathbf{B}_{\text{ex}}^T - \mathbf{P} \mathbf{C}_{\text{ex}}^T \mathbf{R}_{\text{N}}^{-1} \mathbf{C}_{\text{ex}} \mathbf{P} = \mathbf{0} \quad (5)$$

where $\mathbf{Q}_{\text{N}}$ and $\mathbf{R}_{\text{N}}$ are the covariance matrices associated to the measurement and process noises respectively. In accordance with separation theorem [5] state feedback $\mathbf{K}$ is given in the following expression:

$$\mathbf{K} = \mathbf{R}^{-1} \mathbf{B}_{\text{ex}}^T \mathbf{S} \quad (6)$$

where $\mathbf{S}$ is the unique positive definite matrix of the *ARE* associated to the optimal feedback problem:

$$\mathbf{A}_{\text{ex}}^T \mathbf{S} + \mathbf{S} \mathbf{A}_{\text{ex}} - \mathbf{S} \mathbf{B}_{\text{ex}} \mathbf{R}^{-1} \mathbf{B}_{\text{ex}}^T \mathbf{S} + \mathbf{Q} = \mathbf{0} \quad (7)$$

and the optimal control law minimizing the LQR performance index, is given as:

$$\mathbf{U} = -\mathbf{K} \tilde{\mathbf{X}}_{\text{ex}} \quad (8)$$

In accordance with separation theorem [5] crisp controller consists of combination of Kalman filter (3) and state feedback (8), and the state space model of the inner loop crisp controller is given in the following:

$$\begin{bmatrix} \dot{X} \\ \dot{\tilde{X}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_{ex} & -B_{ex}K \\ LC_{ex} & A_{ex} - LC_{ex} - B_{ex}K \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ \tilde{X} \end{bmatrix} \quad (9)$$

At this stage the crisp controller is synthesized and in the next paragraph we the trade off between the performances and the robustness is studied.

Parameterization and robustization of the inner loop controller

The most wanted and expected property of flight controller law is the robustness. Throughout the flight, the UAV is subject to the disturbances, which could be external and/or internal, structural and/or unstructured and produce certain deviation from the nominal behavior to the perturbed one. This deviation could be represented by other model called parametrically perturbed model. The main idea of the H_2/H_∞ - robust optimization is to provide the same level of performances for the nominal and perturbed models with the same controller designed to the nominal. Many methods are proposed in the area of robust flight control [6, 7]. The method used in this paper is based on using the H_2 - norm of the sensitivity function to estimate the performances of the control system, H_∞ - norm of the complementary sensitivity function is used to estimate the robustness [16].

The nonlinear model of the plant is 'linearized' at N operating conditions inside the flying envelope, after linearization N linear models are found; the control law is designed for one linear model and should keep the same performances and robustness for all N models. To do so the compromise should be found between the robustness and the performances for all operating conditions.

The sensitivity and complementary sensitivity functions are computed for the N closed loop systems. It can be seen that these functions are depending on Kalman gain matrix L and state feedback K , hence these parameters constitute the variables of the optimization procedure.

A composite performance index is formed from the estimation of the performances and the robustness for the N models based on the H_2/H_∞ - norms computed for the different transfer functions [8, 11] of the block diagram depicted in the Figure 1.


$$J(\mathbf{K}, \mathbf{L}) = \lambda_{\text{dn}} \|\mathbf{S}\|_2^{\text{dn}} + \lambda_{\text{sn}} \|\mathbf{S}\|_2^{\text{sn}} + \lambda_{\infty\text{n}} \|\mathbf{T}\|_{\infty}^{\text{n}} + \sum_{k=1}^{N-1} \lambda_{\text{dpk}} \left(\|\mathbf{S}\|_2^{\text{dpk}} \right) + \sum_{k=1}^{N-1} \lambda_{\text{spk}} \left(\|\mathbf{S}\|_2^{\text{spk}} \right) + \quad (10)$$

where $\|\mathbf{S}\|_2^{\text{dn}}$ defines the H_2 -norm of the nominal model in determi-

perturbed models. $\|\mathbf{T}\|_{\infty}^n$ is the H_{∞} -norm and gives the estimation of the

mation of the H_∞ norm for all $(N-1)$ parametrically disturbed plants.

pression $\sum_{k=1}^{N-1} \|\mathbf{S}\|_2^{\text{spk}}$. The LaGrange factors λ_{dn} , λ_{sn} , λ_{dpk} , λ_{spk} , λ_{∞} ,

Outer loop control law

The functional diagram of the fuzzy controller used in this study is depicted in the Figure 2.

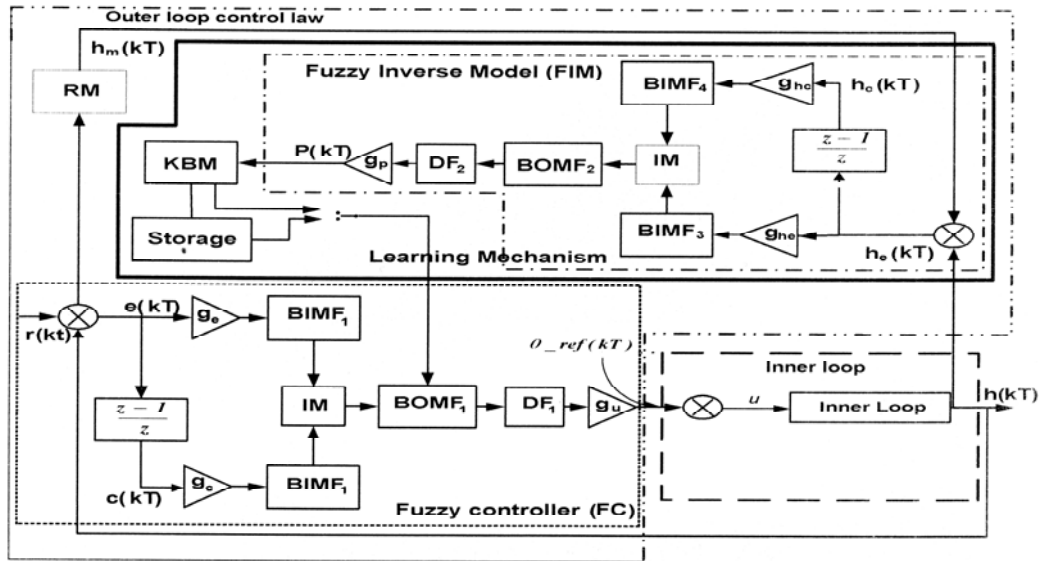


Figure 2 - Block diagram of FMRLC

It has four main parts [14]: the inner loop control model, which is described in the previous chapter; the fuzzy controller (FC), the reference model (RM) and the learning mechanism, which is divided into two parts fuzzy inverse model (FIM) and knowledge base modifier (KBM). The goal of this method is to synthesize fuzzy controller and to adjust its membership functions in order to withstand to the action of parametric disturbances in the controlled plant. The different parts of the scheme are explained in the next section.

Fuzzy control of the altitude

The input to the FC is the error $e(kT)$ between the reference altitude $r(kT)$ and altitude output $h(kT)$ of UAV and the second input is the change rate of this error $c(kT)$. The FC output is the $\theta_{ref}(kT)$ and represents the reference input to the inner Attitude Control Loop (ACL).

$$e(kT) = r(kT) - h(kT) \quad (11)$$

$$c(kT) = \frac{e(kT) - e(kT - T)}{T} \quad (12)$$

The universes of discourse of the membership function of the FC are normalized to be between $[-1 \ 1]$ by the mean of scaling factors g_e , g_c and g_u for error $e(kT)$, $c(kT)$ and $\theta_{ref}(kT)$ universe of discourse, respectively. The inference mechanism (IM) is Mamdani type, and it can be expressed in the form of IF-THEN, the input membership functions are implemented in BIMF₁ for the altitude error and BIMF₂ for the change in altitude error, the output membership functions are given in the BOMF₁. The defuzzification method used in our case is the Center

Of Gravity (COG) and implemented in the block DF_1 , and the control action is given by the following expression [15]:

$$\theta_{ref_n^*}(kT) = \frac{\sum_{k=1}^l \hat{A}_n^k(kT) \hat{c}_n(kT)}{\sum_{k=1}^l \hat{A}_n^k(kT)}$$

$$\theta_{ref_n^*}(kT) = \frac{\sum_{k=1}^l A_n^k(kT) c_n(kT)}{\sum_{k=1}^l A_n^k(kT)} \quad (13)$$

Where $A_n^1(kT)$ and $c_n(kT)$ are the areas and the centers of areas, associated with the resulted fuzzy set from the aggregated fuzzy set [15].

The reference model (RM)

The reference model generates the desired performance of the overall process. In general, the reference model may be any type of dynamical system. The performance of the overall system is computed with respect to its output $h_m(kT)$ by generating an error signal,

$$h_e(kT) = h_m(kT) - h(kT) \quad (14)$$

In our case the reference model approximated with second order model with settling time 30 seconds and without overshoot.

The learning mechanism [14]

As previously mentioned, the learning mechanism performs the function of modifying the knowledge base (membership functions) of the direct fuzzy controller so, that the closed loop system behaves like the reference model. These knowledge base modifications are made on the basis of observing data from the controlled process, the reference model and the fuzzy controller. In accordance with Fig. 2 the learning mechanism consists of two parts: a fuzzy inverse model (FIM) and a knowledge base modifier (KBM). FIM performs the function of mapping the error $h_e(kT)$ and the change of error $h_c(kT)$, to the changes of the FC output membership function's parameters $p = [p_1, \dots, p_r]^T$ in $BOMF_1$, which are necessary to force $h_e(kT)$ to zero. These parameters are the shifts of positions of the output membership function's centers. KBM performs the function of modifying the fuzzy controller's knowledge base to perform

the needed change in the process inputs. More details of this process are discussed next. The fuzzy inverse model uses the same inference mechanism as the fuzzy controller (FC). It is not necessary for fuzzy control to accurately characterize the inverse dynamics; only approximate representation is needed [14]. FIM simply maps $h_e(kT)$ and $h_c(kT)$ to the necessary changes in the plant inputs, that is why it is called "fuzzy inverse model". Hence, FIM is used to characterize how to change the plant inputs to force the plant output $h(kT)$ to follow $h_m(kT)$ as close as possible. Likewise to the fuzzy controller, the FIM shown in Fig. 2 contains normalizing scaling factors, namely g_{he} , g_{hc} and g_p for each universe of discourse. Selection of the normalizing gains can impact the overall performance of the system. The knowledge base for the fuzzy inverse model is generated from fuzzy rules of the form:

$$\text{IF } \tilde{h}_e \text{ is } H_e^j \text{ AND } \tilde{h}_c \text{ is } H_c^k \text{ THEN } \tilde{p} \text{ is } P^{j,k}$$

$P^{j,k}(kT)$ is the necessary variation of the position of the membership function's center, decreasing $h_e(kT)$.

The knowledge base modifier (KBM)

KBM performs the function of modifying the FC rule base to achieve better performance. Given the information about the necessary changes in the plant input, which are represented by $p(kT)$, to force the error $h_e(kT)$ to zero, the knowledge base modifier change the FC rule-base so that the previously computed control action $\theta_{ref}(kT - T)$ would be modified at the next step as follows: $\theta_{ref}(kT - T) + p(kT)$. By modifying the fuzzy controller's knowledge base, we may force the fuzzy controller to produce a desired output, which we should put in at time $kT - T$ to make $h_e(kT)$ smaller. Then the next time we get similar values for the error and change in error, the input to the plant will be one that will reduce the error between the reference model and the plant output.

Assume that we use symmetric output membership function for the fuzzy controller, and let b_1 denote the center of the membership function associated with $\tilde{\theta}_1_{ref}$. Knowledge base modification is performed by shifting centers b_1 of the membership function of the output linguistic value $\tilde{\theta}_1_{ref}$, which are associated with the fuzzy controller rules

that contributed to previous control action $\theta_{\text{ref}}(kT - T)$. This is two-step process:

1. Find all FC rules, which satisfy the following condition:

$$\tau_k(e(kT - T), c(kT - T)) > 0 \quad (15)$$

$k = (1, 1)$, τ_k defines the set of the Degrees of Firing (DOF) of rules at time $kT - T$, also called "active set".

2. Let b_l denote the center of l^{th} output membership function at time kT . For all rules in the active set, use $b_l(kT) = b_l(kT - T) + p_l(kT)$ to modify the output membership function centers. Rules that are not in the active set do not have their membership function modified. KBM includes also the storage (see Fig. 2), which preserves the results of tuning of membership functions, in order to be used when the output of the FC at time kT is the same at $kT - 1$.

Design and implementation of FMLRC [14]

The total design procedure for the FMRLC, which is used in combination with "crisp" feedback, involves the following steps:

- The specification of a direct fuzzy controller with consequent membership functions that can be tuned. This fuzzy controller can be chosen via conventional (heuristic) fuzzy control design techniques for the nominal plant.

- Specifying the reference model of control system, which characterizes the desired system performance.

- Specifying the fuzzy inverse model, which characterizes how the inputs to the plant should be changed so, that the desired performance is achieved.

- Selection of the normalizing gains for the fuzzy controller and the fuzzy inverse model.

So far as the selection of the normalizing gains for both the fuzzy controller and the fuzzy inverse model can impact the overall performance, it is necessary to provide a procedure for choosing these parameters. Due to physical constraints for a given system, the range of values for the process inputs and outputs is generally known from a qualitative analysis of the process especially, when the crisp prototype of system is determined via some known procedure of control synthesis. As a result, we can determine the range of values or the universe of discourse for

$e(kT)$, $u(kT)$, $h_e(kT)$ and $p(kT)$. Consequently, g_e , g_c , g_u , g_{he} and g_p are chosen so that the appropriate universes of discourse are mapped to $[-1, 1]$. They could be determined on the basis of the "crisp" prototype by iteratively applying inputs to $r(kT)$, observing $c(kT)$, and finding scaling factors to map the universes of discourse to the interval $[-1, 1]$.

Case study

In this paper the longitudinal channel of unmanned aerial vehicle (UAV) Aerosonde in altitude and true airspeed stabilization mod is used as a case study. The full nonlinear model of this UAV is represented in [2]. The state space vector is $\bar{X} = [u \ w \ q \ \theta \ h \ \Omega]$, u , w - horizontal and vertical velocity component, respectively; q - pitch rate, θ - pitch angle, h - altitude and Ω - engine spin (r.p.m.). The control vector is given by $\bar{U} = [\delta_e \ \delta_{lh}]$, where δ_e - elevator angle deflection, δ_{lh} - thrust control (engine throttle deflection). The range of the uncertainty is made for the true airspeed, which is given by the following expression

$V = \sqrt{u^2 + v^2 + w^2}$, where v defines the lateral velocity component. We suppose that V changes in the interval $25 \leq V \leq 35 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$, for the sake of

simplicity and without loss of generality three ($N = 3$) models were defined in our study, the nominal model is taken at $V_n = 30 \text{ m/sec}$. The first perturbed is defined for $V_n = 25 \text{ m/sec}$ and for the second perturbed model is defined for $V_n = 35 \text{ m/sec}$. The next matrices give the respective states space models:

$$A_n = \begin{bmatrix} -0.293 & 0.38 & -0.55 & -9.78 & 0 & 0.01 \\ -0.55 & -5.36 & 30 & -0.18 & 0 & 0 \\ 0.33 & -5.63 & -6.19 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0.01 & -1 & 0 & 30 & 0 & 0 \\ 41.53 & 0.78 & 0 & 0 & -0.63 & -3.85 \end{bmatrix};$$

$$B_n = \begin{bmatrix} -0.3 & 0 \\ -3.7 & 0 \\ -50 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 2664 \end{bmatrix} \quad (16)$$

$$A_{p1} = \begin{bmatrix} -0.24 & 0.53 & -1.19 & -9.80 & 0 & 0.01 \\ -0.56 & -4.47 & 25 & -0.47 & 0 & 0 \\ 0.43 & -4.48 & -5.15 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0.04 & -1 & 0 & 25 & 0 & 0 \\ 35 & 1.68 & 0 & 0 & -0.03 & -3.23 \end{bmatrix};$$

$$B_{p1} = \begin{bmatrix} 0.35 & 0 \\ -2.54 & 0 \\ -35.21 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 390 \end{bmatrix} \quad (17)$$

$$A_{p2} = \begin{bmatrix} -0.35 & 0.28 & -0.05 & -9.82 & 0 & 0.01 \\ -0.55 & -6.25 & 35 & -0.01 & 0 & 0 \\ 0.28 & -6.43 & -7.21 & 0 & 0 & -0.01 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 35 & 0 & 0 \\ 48.5 & 0.08 & 0 & 0 & -0.78 & -4.43 \end{bmatrix};$$

$$B_{p2} = \begin{bmatrix} 0.5 & 0 \\ -5 & 0 \\ -68.2 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \\ 0 & 3040.3 \end{bmatrix} \quad (18)$$

The models of actuators are connected to the model of the UAV in series and they are approximated by the first order model given in the following:

$$W_{\text{act}} = \frac{1}{\tau_{\text{act}}p + 1} \quad (19)$$

where $\tau_{\delta \text{act}} = 0.25 \text{ sec}$ stand for the time constant of the actuator and the subscript $\tau_{\delta \text{act}}$ can be either for elevator or throttle.

In our design only four state variables are measured: $\bar{X} = [u, q, \theta, h]$, so the observation matrix is given as follows:

$$C = \begin{bmatrix} 1 & 0_{3 \times 1} \end{bmatrix}^T \quad 0_{4 \times 1} \quad \begin{bmatrix} 0_{1 \times 4} & I_{3 \times 3} & 0_{3 \times 1} \end{bmatrix}^T$$

where I represents the unity matrix with appropriate dimension. The state vector $\bar{X}_{\text{inner}} = [u, q, \theta]$ constitute the inner loop feedback, the state variable h is the injected to the fuzzy reference model learning control. As shown before, in order to apply the separation theorem a turbulence model represented by the Dryden filter [5, 6, 7], which has two inputs: horizontal and vertical wind gusts, the outputs are the longitudinal turbulent speed (u_g), vertical turbulent speed (w_g) and turbulent pitch rate (q_g).

State space of the Dryden filter is defined by the following matrices:

$$A_{\text{dr}} = \begin{bmatrix} -1/\lambda_u & 0 & 0 \\ 0 & -1/\lambda_w & 0 \\ 0 & -K/\lambda_q^2 & -1/\lambda_q \end{bmatrix}; B_{\text{dr}} = \begin{bmatrix} K_u/\lambda_u & 0 \\ 0 & K_w/\lambda_w \\ 0 & 0 \end{bmatrix};$$

$$C_{\text{dr}} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & K_q/\lambda_q & 1 \end{bmatrix}$$

where the subscript w corresponds to vertical components and u for the longitudinal. In our case the Aerosonde flies at an altitude of $200m$, and in moderate turbulence. The parameters appearing in the state space of Dryden filter are given in the following [5, 6, 7]:

$$K_u = \sigma_u \sqrt{(2L_u/\pi V)}, \quad \lambda_u = L_u/V, \quad K_w = 2.2, \quad \lambda_w = 0.6, \quad K_q = 1/V,$$

$$\lambda_q = 4b/\pi V,$$

where b is the wing span of the Aerosonde $b = 2.9m$. The same parameters are defined for different models with different true airspeed V .

Simulation results

The simulation results are given in the following figures, the table 2 represents the H_2 -norms for the nominal model and the perturbed models in deterministic and stochastic cases, H_∞ -norm is also computed and is given in the table.

The covariance matrices of the process noises and measurement noises are equal to $R_n = \text{diag}([1.5 \ 2])$, $Q_n = \text{diag}([0.5 \ 0.1 \ 0.004])$, respectively, they are defined by the accuracy of the sensors. The weighting matrices Q_r , R_r for the optimal deterministic performance are given as: $Q_r = \text{diag}([20 \ 2 \ 0.1 \ 0.5 \ 0.00013 \ 0.1 \ 0.1 \ 0.1 \ 0.1 \ 0.1])$, $R_r = \text{diag}([1 \ 1])$. Using the above models it is possible to define an extended model containing 10 states, so the Kalman filter is using 3 measured states to restore 10 ones. On the basis of separation theorem the restored states are controlled by the deterministic optimal controller and the gain matrix K in (6) is found as follows:

$$K = \begin{bmatrix} 0.576 & 0.022 & -1.373 & -6.838 & 0.001 & -0.337 & 0.424 & -0.679 & 5.058 & 0.253 \\ 3.514 & 0.313 & -0.174 & -9.961 & 0.011 & -0.316 & 0.118 & -0.100 & 0.267 & 3.027 \end{bmatrix}$$

For the sake of brevity in this paper the Kalman gain L , is not given.

The outer loop is used to hold the altitude at the reference value. Parameters of the fuzzy model reference learning control are set as follows; the input scaling factors of the fuzzy controller (FC), $g_e=0.004$ and $g_c=0.2$ for the altitude error and change in altitude error, respectively, the output of FC is normalized to the interval $[-1,1]$ with scaling $g_u=3$. The initial rule base of the fuzzy controller is shown in the Table 1.

The entries to this table are the centers of the output membership functions, which are chosen in this report to be symmetric triangular. The fuzzy inverse model (FIM) has the same structure with the following scaling factors $g_{he}=1/100$ for the error and $g_{hc}=8$ for the change rate of the error, the output membership functions are normalized with scaling $g_p=0.05$.

The reference model used in the simulation is a second order block represented in the following state space model

$$A_r = \begin{bmatrix} -1.1701 & -0.1701 \\ 0.5 & 0 \end{bmatrix}; B_r = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}; C_r = [0 \quad 0.1701]; D_r = 0.$$

Table 1

Initial rule base of fuzzy controller (FC)

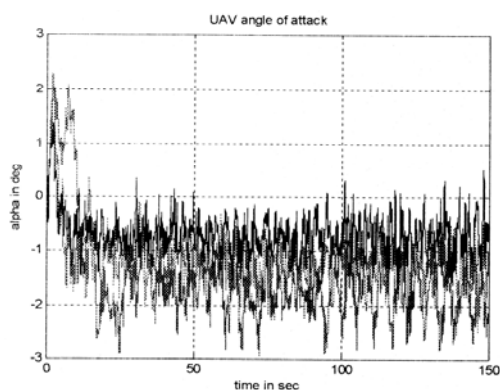
$U^{i,j}(kT)$	$e^i(kT)$											
$c^j(kT)$		-1	-0.8	-0.6	-0.4	-0.2	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1
	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-0.8	-0.6	-0.4	-0.2	0
	-0.8	-1	-1	-1	-1	-1	-0.8	-0.6	-0.4	-0.2	0	0.2
	-0.6	-1	-1	-1	-1	-0.8	-0.6	-0.4	-0.2	0	0.2	0.4
	-0.4	-1	-1	-1	-0.8	-0.6	-0.4	-0.2	0	0.2	0.4	0.6
	-0.2	-1	-1	-0.8	-0.6	-0.4	-0.2	0	0.2	0.4	0.6	0.8
	0	-1	-0.8	-0.6	-0.4	-0.2	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1
	0.2	-0.8	-0.6	-0.4	-0.2	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1	1
	0.4	-0.6	-0.4	-0.2	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1	1	1
	0.6	-0.4	-0.2	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1	1	1	1
	0.8	-0.2	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1	1	1	1	1
	1	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1	1	1	1	1	1

The following figures show the simulation results with the altitude reference signal is $h_{ref}=50m$, and the reference signal corresponding to the velocity is $V_{ref}=5m/sec$.

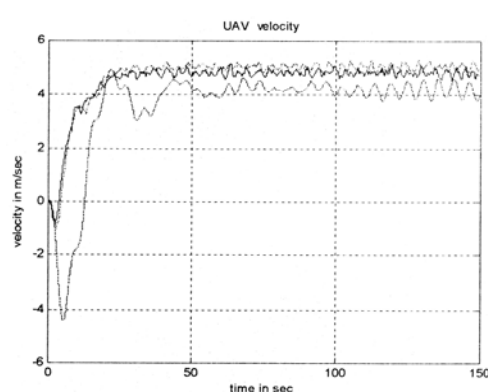
Table 2

H_2 -norm of the sensitivity function and H_∞ -norm of the complementary Sensitivity function

Plant		H_2	H_2	H_∞
$V_n=30$ [m/s]	nominal	0.2901	1.1725	0.0021
$V_{p1}=25$ [m/s]	Perturbed 1	0.7033	1.1725	0.0021
$V_{p2}=35$ [m/s]	Perturbed 2	0.3117	1.3749	0.0033



a.



b.

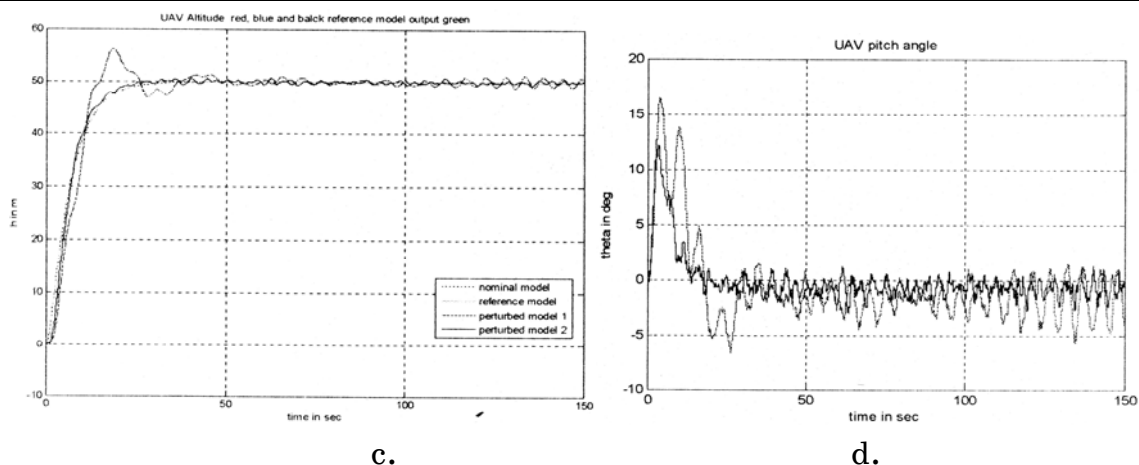


Figure 3 – Simulation results of Aerosonde longitudinal channel.

- a.velocity of UAV nominal and perturbed models;
- b.angle of attack of UAV nominal and perturbed models;
- c.pitch angle of UAV nominal and perturbed models;
- d.altitude of UAV nominal and perturbed models.

In the next table the adjusted rule base is given after simulation for the nominal model, for the sake of brevity the rule base for the first and the second perturbed model are not shown.

The entries of the rule base changed after the adaptation procedure are shown inside the bold rectangular.

Table 3

$U^{i,j}(kT)$	$e^i(kT)$											
$c^j(kT)$		-1	-0.8	-0.6	-0.4	-0.2	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1
	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-0.8	-0.6	-0.4	-0.2	0
	-0.8	-1	-1	-1	-1	-1	-0.8	-0.6	-0.4	-0.2	0	0.2
	-0.6	-1	-1	-1	-1	-0.8	-0.6	-0.4	-0.2	0	0.2	0.4
	-0.4	-1	-1	-1	-0.8	-0.6	-0.4	-0.2	0	0.2	0.4	0.6
	-0.2	-1	-1	-0.8	-0.6	-0.467	-0.222	0.047	0.2	0.4	0.6	0.8
	0	-1	-0.8	-0.6	-0.4	-0.34	-0.0027	0.33	0.4	0.6	0.8	1
	0.2	-0.8	-0.6	-0.4	-0.2	-0.65	0.218	0.483	0.6	0.8	1	1
	0.4	-0.6	-0.4	-0.2	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1	1	1
	0.6	-0.4	-0.2	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1	1	1	1
	0.8	-0.2	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1	1	1	1	1
	1	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1	1	1	1	1	1

Conclusion

The purpose of the paper has been to design robust autopilot using combination of crisp control with hard computing and fuzzy control with soft computing. Procedure of robust H_2/H_∞ optimization has been used to achieve the trade-off between the robustness and performances of the system with crisp structure for inner-loop; the table 2 shows the efficiency of the procedure. The effectiveness of the proposed control scheme has been tested by computer simulation; the figures show that the flight requirement was respected for the nominal as well as for the perturbed models. The maximum angles deflections are all respected – $3 < \alpha < 3$, $-4 < \theta < 16$, and the altitude h is held at the reference signal (50m) as shown in the last figure. The velocity reference signal (5m/sec) is also tracked and is given in the first figure. All these deflections satisfy the specifications for this UAV.

REFERENCES

1. Robust Flight Control. A Design Challenge. J.-F. Magni, S. Bernani, J. Terlouw eds. Springer, London, 1997, 649 p.
2. Aerosim Blockset, www.u-dynamics.com/
3. Srinivasan K. Control System Design Using State Space Methods. In the book "Instrumentation, Systems, Controls, and Mems. Mechanical Engineers Handbook" edited by M. Kutz, the 3rd edition. John Wiley & Sons Inc., 2006, p.p.757-788.
4. Geromel G.C., De Souza C.C., Skelton R.E. Static Output Feedback Controllers: Stability and Convexity // IEEE Transactions on Automatic Control, Vol.43, № 1, January, 1998, pp. 120-125.
5. McLean D. Automatic Flight Control Systems. Prentice Hall Inc., Englewood Cliffs, 1990, 593 p.
6. Tunik A.A., Abramovich E.A. Parametric Robust Optimization of Digital Flight Control Systems // Proceedings of the National Aviation University, №2, 2003, pp.31-37.
7. Tunik A. A., Galaguz T. A. Robust Stabilization and Nominal Performance of the Flight Control System for Small UAV // Applied and Computational Mathematics, Vol. 3, №1, 2004, pp. 34 - 45.
8. Schoemig E., Sznaier M. Mixed H_2/H_∞ Control of Multi-model Plants. Journal of Guidance, Control and Dynamics, No.3, May-June, 1995, pp. 525-531.

9. Квакуернаак Х., Сиван Р. Линейные оптимальные системы управления. «Мир», М., 1977, 653 с.
10. Ackermann J. Parameter Space Design of Robust Control Systems, IEEE Transaction of Automatic Control, Vol. AC-25, № 6, December 1980, pp. 1058-1072.
11. Doyle J. C, Glover K., Khargonekar P. P., Francis B.A. State Space Solution to Standard H_2 and H -infinity Control Problems, IEEE Transaction of Automatic Control, Vol. 34, № 8, August 1982, pp.831-847.
12. Соколов Н. И., Рутковский В. Ю., Судзиловский Н. Б. Адаптивные системы автоматического управления летательными аппаратами.- М.: Машиностроение, 1988.-207с.
13. Гостев В.И. Синтез нечетких систем автоматического управления. 3-е издание, исправленное и дополненное.- К.: «Радиоаматор» , 2005.- 708с.
14. Passino, K.M., Yurkovich, S. Fuzzy Control. Addison-Wesley.- Menlo Park, Reading, Harlow, Berkley, Sidney, Bonn, Amsterdam, 1998. - 502 pages.
15. Piegat, A. Fuzzy Modeling and Control, Heidelberg, New York: Physic-Verl.-2001.-728p.
16. Kwakernaak, H. Robust Control and H_∞ - Optimization- Tutorial Paper. System and Control Group. Department of Applied Mathematics, University of Twente, September 1991, pp.255-273.

АНАЛІЗ ОРГАНОЛЕПТИЧНИХ ТА ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ПРОДУКТУ ЗА ДОПОМОГОЮ БАЙЄСОВСЬКИХ МЕРЕЖ

Введення

В останні роки стрімко росте виробництво нових продуктів харчування. До них пред'являються вимоги у відповідності до концепції про „здорове харчування”, що відображає сучасний спосіб життя людини та стан навколишнього середовища: достатня кількість повноцінного білку, харчових волокон, мінеральних речовин, відсутність шкідливих речовин та інші. Особливо важливо дотримуватися санітарних вимог на підприємствах дитячого харчування.

Тому при розробці систем підтримки прийняття рішень для підприємств харчової промисловості (для частини, що пов'язана із виробництвом) необхідно враховувати основні принципи розробки раціональних рецептур нових видів харчових продуктів; проблеми скорочення втрат на всіх стадіях виробництва та збільшення об'ємів продукції, що виробляється з одиниці сировини; проблеми раціонального використання сировинних та інших видів ресурсів [1]. Для цього потрібно використовувати методи технологічного контролю якості сировини та готової продукції, статистичні методи обробки експериментальних даних для аналізу контролю харчової, біологічної цінності та якості продуктів харчування, математичні методи моделювання задач структурної оптимізації технологічних схем.

Постановка задачі

Аналіз органолептичних, фізико-хімічних, мікробіологічних показників, показників безпеки для продуктів дитячого харчування проводиться експертами за показниками, чітко регламентованими набором ДСТУ та ТУ [2-7].

Взагалі на підприємстві аналіз здійснюється на прикінцевій стадії виробництва. Проте, проаналізувавши сировину, можна ще на стадії закладання компонентів спрогнозувати кінцевий результат. За цим прогнозом можна скоригувати дії технолога у відповідності з отриманими показниками. В роботі мова йде про сухі каші для дитячого харчування. Сухі суміші є багатокомпонентними. Тому фізично

дуже важко оцінити вплив показників кожного з компонентів на кінцевий продукт.

Ціль роботи

Оцінка якості та відповідності нормам показників готового продукту вимагає використовувати для цього як детерміновані, так і імовірнісні показники, такі як зовнішній вигляд продукту, консистенція тощо. Якщо детерміновані показники є в своїй більшості відкритими, то імовірнісні – є достатньо невизначеними. В роботі розглядається можливість аналізу якості продукту з використанням байєсовських мереж.

Викладання основного матеріалу

Для розв'язання поставленої задачі використовується оцінювання тенденцій найбільш загальних показників, які з різних сторін характеризують різноманітні показники компонентів сухих сумішей. Для оцінки якості продукту рекомендується використовувати систему взаємопов'язаних показників, які можна розділити на такі групи:

1. органолептичні показники;
2. фізико-хімічні показники;
3. показники безпеки;
4. мікробіологічні показники.

В своєму дослідженні ми працюємо із показниками 1 та 2 групи.

До них відносяться: зовнішній вигляд, колір, смак та запах, консистенція, масова частка вологи, масова частка білку, масова частка жиру, масова частка вуглеводів, кислотність відновленого продукту та інші.

Деякі з цих показників є детермінованими, тому що вони, в свою чергу, залежать від детермінованих змінних, проте більшість показників є ймовірнісними. Показники, описані вище характеризують кінцевий продукт. Проте кожен з компонентів суміші теж оцінюється за схожими показниками. В залежності від компонента набір показників може незначно відрізнятись.

В якості приклада розглянемо дитячу кашу суху швидкокорозчину гречану молочну з яблуком. Згідно з рецептурою до складу цієї каші входять:

- мука гречана;
- молоко сухе знежирене;
- пюре яблучне;

- цукор.

Для кожного компоненту було складено реєстр показників для оцінки, а потім встановлено зв'язки показників компонентів з показниками готового продукту. Фрагмент схеми наведено на рис. 1.

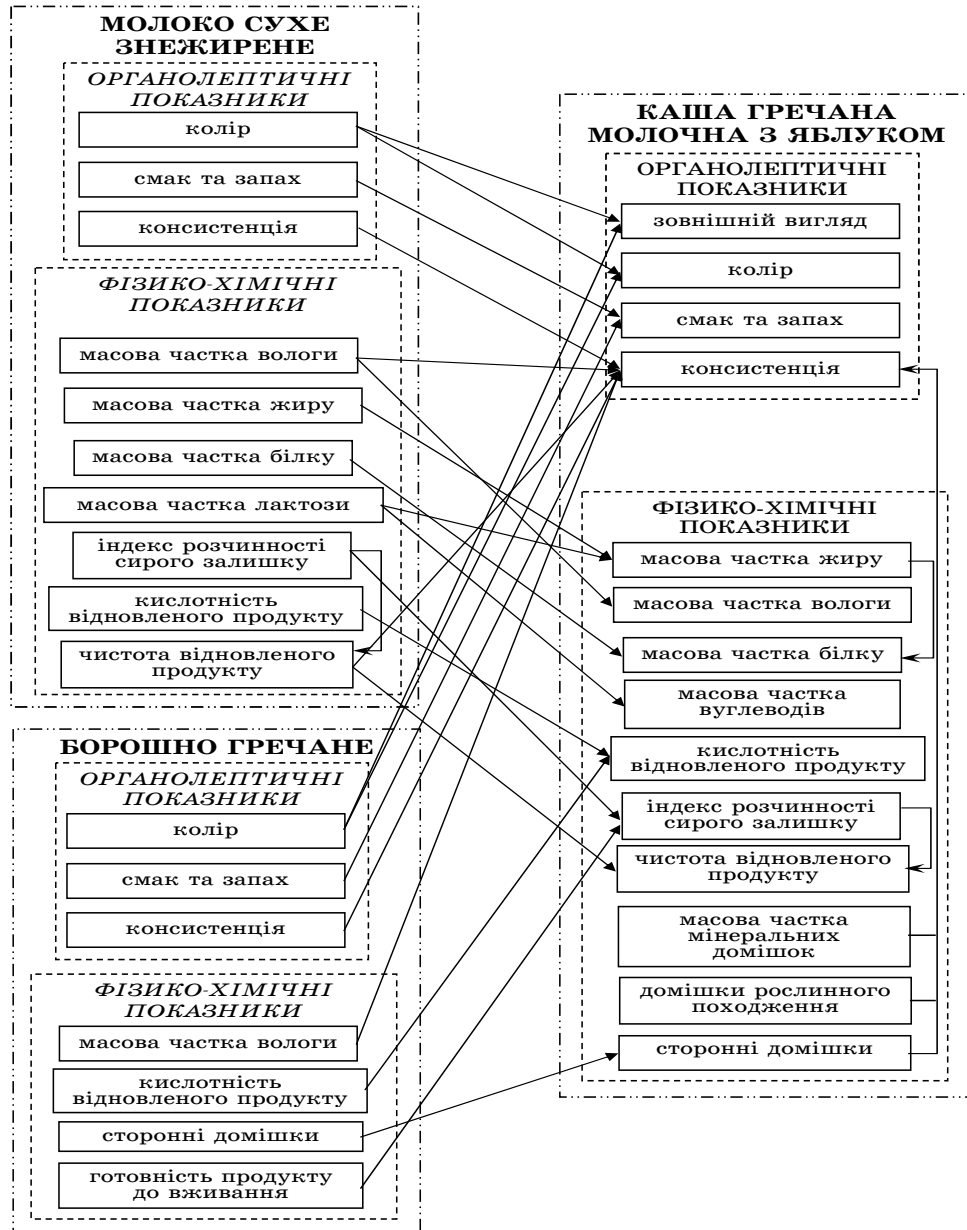


Рисунок 1 – Зв'язок показників компонентів із показниками продукту

В свою чергу детерміновані дані залежать від імовірнісних змінних, яких може бути дуже багато, та значення цих змінних можуть бути досить різними.

Змінні не завжди можуть бути описані точно – часто зустрічаються так звані „нечіткі” змінні. При обробці нечітких змінних виникає очевидна необхідність мати кількісну оцінку для такого роду

висловлювань. Така кількісна оцінка зветься нечіткої мірою (або мірою невизначеності) [8].

Принципи обробки нечітких знань засновані на логіці. Основною перевагою імовірнісного міркування над логічним є пошук фактору досягнення рівно раціональних рішень навіть при відсутності достатнього обсягу інформації. Спільний розподіл ймовірностей може відповісти на будь-яке питання про предметну область, але може виявитися складним, оскільки число змінних росте.

Використання формул Байєса для встановлення зв'язків між умовно незалежними змінними може спростити обчислення результатів запиту й істотно зменшити кількість умовних ймовірностей, які повинні бути визначені. Для представлення залежності між змінними й короткої специфікації спільного розподілу ймовірностей ми використовували структуру даних, що має назву байєсовська мережа, яка є графом. Топологію мережі можна розглядати як абстрактну базу знань, що містить цілий ряд інших вхідних параметрів, тому що вона являє собою загальну структуру причинних процесів в області, а не специфічні деталі [9].

Байєсовська мережа дозволяє повністю описати область. Кожний елемент, що входить у спільний розподіл ймовірностей, може бути обчислений, виходячи з інформації в мережі. Входження об'єднаних у єдине ціле елементів - це ймовірність кон'юнкції конкретних значень змінних, тобто, кожне таке входження представляється функцією відповідних елементів таблиць умовних ймовірностей байєсовської мережі. Таким чином, таблиці умовних ймовірностей забезпечують розкладання цілого на складові частини.

Оскільки кожний вузол з'єднаний тільки з вузлами, розташованими вище, то технологія побудови мережі гарантує, що мережа є нециклічною. Інша важлива властивість байєсовських мереж полягає в тому, що вони не містять ніякі надлишкові значення ймовірності, за винятком одного входження в кожний рядок кожної таблиці умовних ймовірностей.

Байєсовська мережа $B=(N, Q, A)$ являє собою спрямований ациклічний граф $\langle N \rangle$, в якому кожен вузол $n \in N$ є змінна, а кожна дуга $a \in A$ є імовірнісна залежність, що визначається кількісно використанням умовного розподілу ймовірності $\theta_i \in \Theta$ для кожного n_i вузла.

Обчислення ймовірностей значень тих змінних, що нас цікавлять, в байєсовській мережі за умови, що ми маємо деяку інформацію про інші змінні – це задача статистичного висновку судження. Вона розв’язується використанням співвідношень для умовних ймовірностей. Основою байєсовського підходу до аналізу невизначеностей є поняття умовної ймовірності – „за умови, що відбулося В, ймовірність виникнення А дорівнює х”, тобто $P(A|B)=x$ [8]. Спільна ймовірність настання подій А і В представляється формулою повної ймовірності:

$$P(A, B)=P(A|B) \cdot P(B)$$

Граф, наведений на рис. 1, був розширений експертами, які додали ймовірнісні змінні, та залежності цих змінних з детермінованими коефіцієнтами.

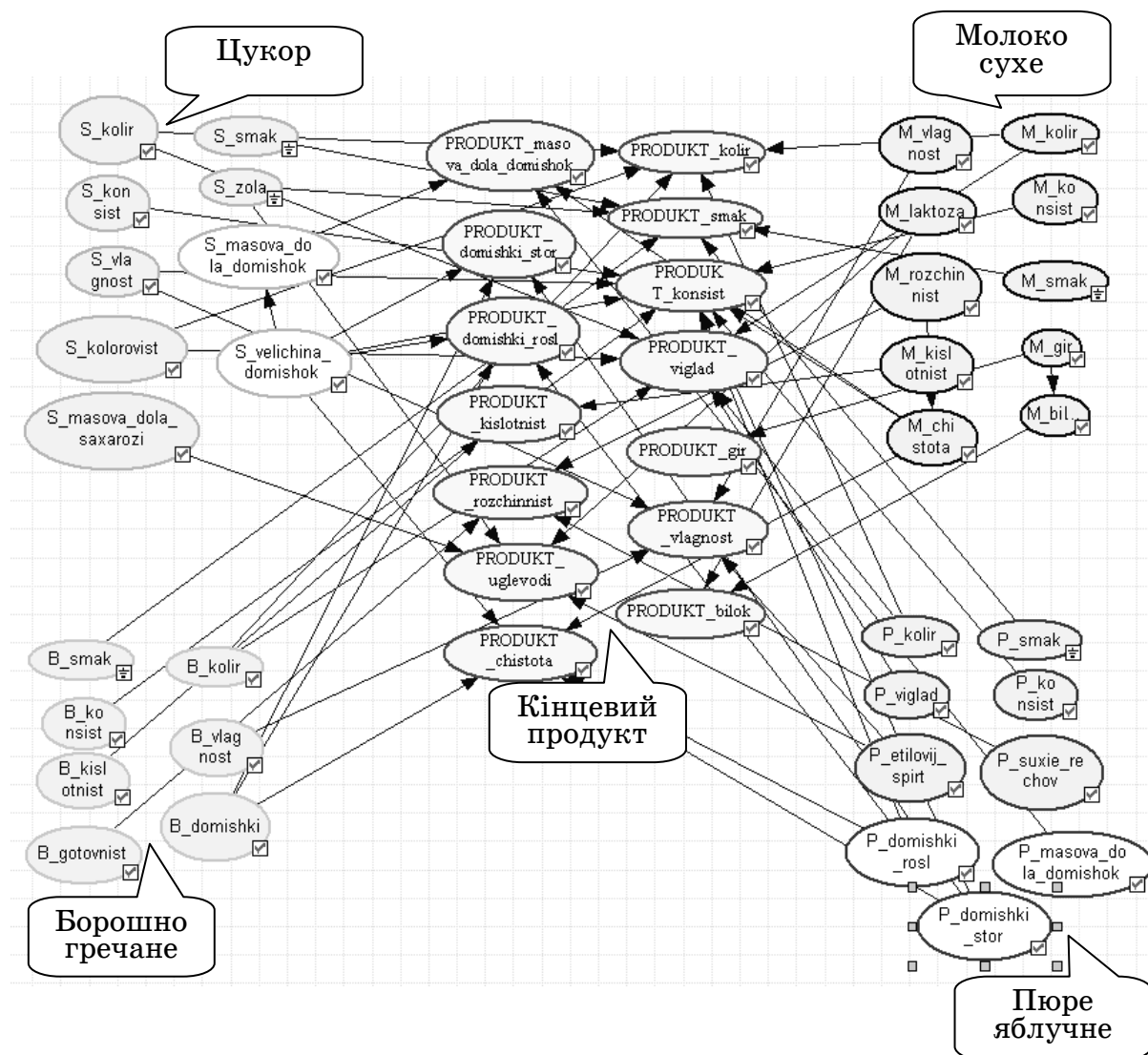


Рисунок 2 – Структура зв’язків байєсовської мережі

Параметри байєсовської мережі були отримані за допомогою навчання з використанням тих даних, які були надані спеціалістами та експертами. Навчання здійснювалося засобом Genie-2 – інструментарієм для роботи з байєсовськими мережами.

Продемонструємо роботу побудованої мережі.

На рис. 3 наведено розподіл ймовірностей за введеними даними, які ми отримали із результатів аналізів та від експертів. Тобто на рисунку ми бачимо реальну картину якості кінцевого продукту при початкових даних показників кожного з компонентів. Звернемо увагу на показники колір та смак готового продукту. Видно, що при таких початкових умовах світло-рожевий колір продукту може бути з ймовірністю 49% та мати смак борошна без усіляких домішок з ймовірністю 37%.

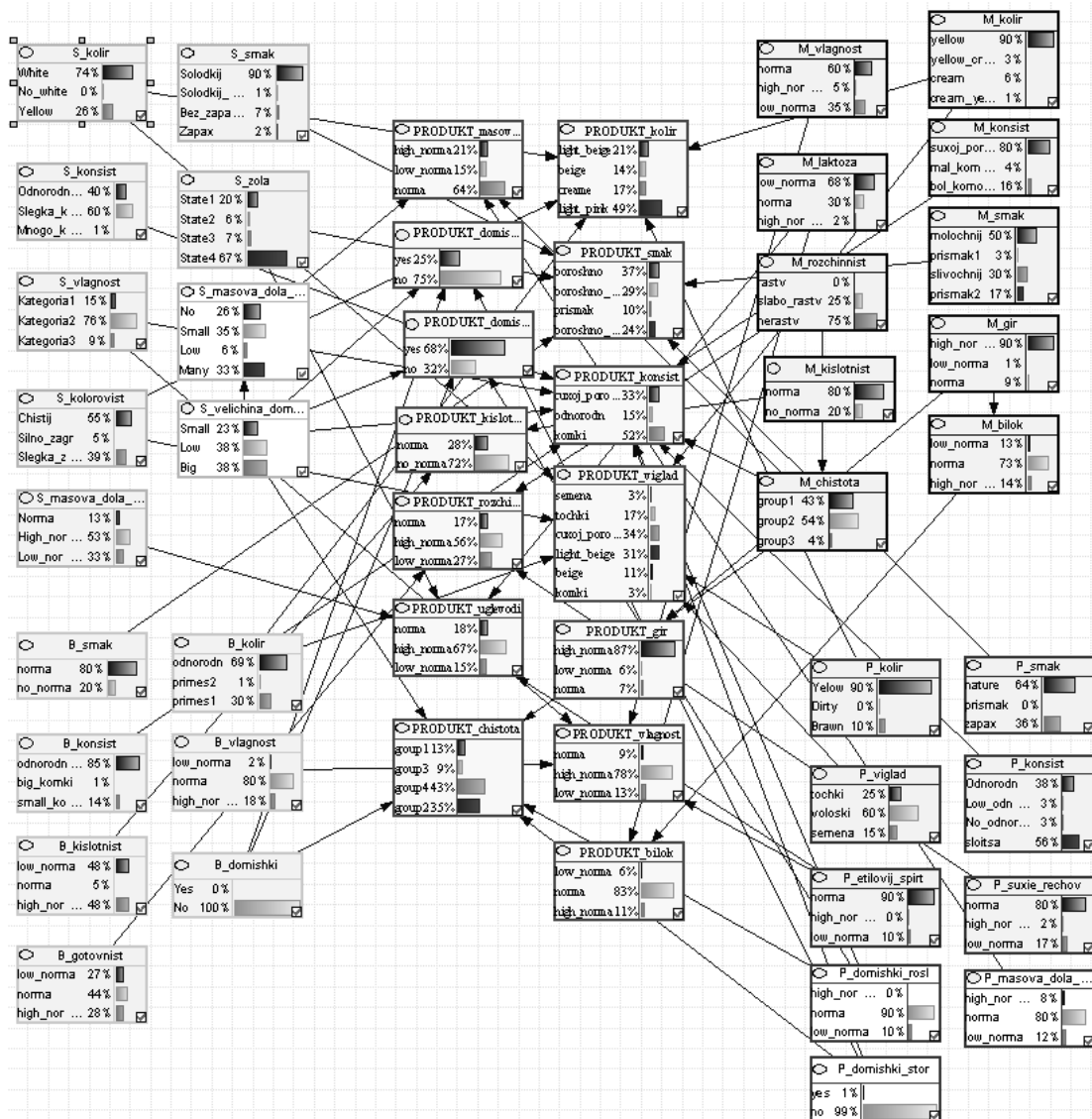


Рисунок 3 – Початковий стан оцінювання

Така ймовірність не є дуже високою для продукту такої якості як суміш для дитячого харчування. Тому спробуємо спрогнозувати показники більшої ймовірності. Для цього змінимо на максимальні показники, від яких залежать результати оцінювання кольору та смаку каші. А на рис. 4 продемонстровано вигляд прогнозованої ситуації. Неважко помітити, наскільки суттєво змінилися прогнозуемі змінні. Смак „борошно з молоком” при таких вхідних даних виникне з ймовірністю 80%, а світло-рожевий колір продукту – з ймовірність 65%. Такі результати дають можливість зробити певні висновки для технолога, який komponує суміш з компонентів певної якості.

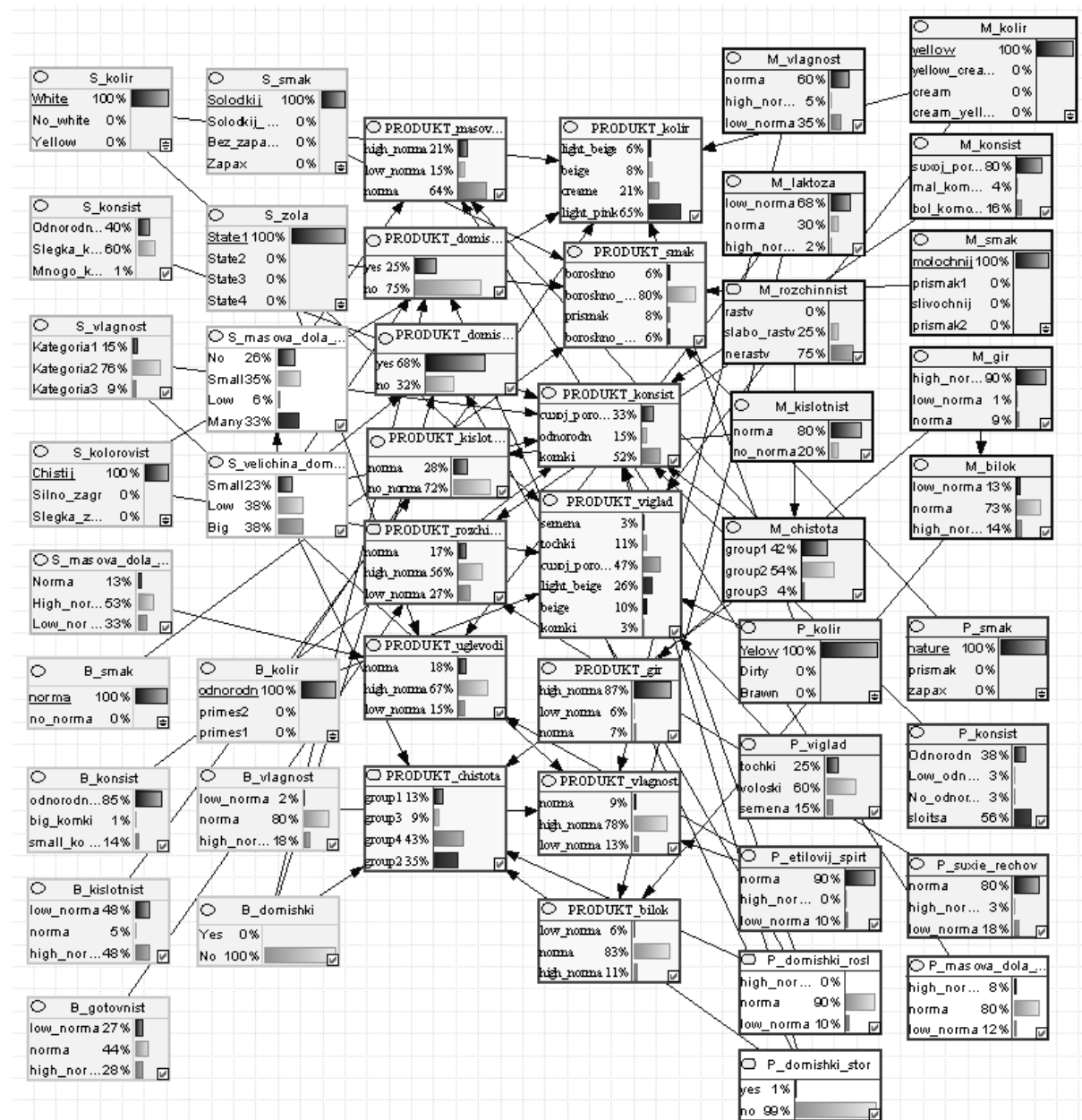


Рисунок – 4 Результати моделювання

Висновки

Результати моделювання дозволяють зробити певні висновки щодо впливу імовірнісних показників компонентів суміші на конкретні показники кінцевого продукту, що дозволяє проводити оцінку продукції, опираючись не тільки на детерміновані, а й на імовірнісні показники. Так, наприклад, для розглянутої модельної задачі можна відмітити такі залежності: якщо на початковому етапі моделювання ймовірність виникнення прийнятного кольору суміші досягала 29%, то в результаті моделювання ми досягли показника 80%. Такі результати дозволяють говорити про те, що працюючи із сировиною належної якості, можна суттєво поліпшувати показники кінцевого продукту. Тобто, виходячи із показників компонентів, можна прогнозувати стан та якість продукції. Основними перевагами використання байєсовських мереж в технологічних задачах є можливість спільного врахування кількісних та якісних показників, динамічне надходження нової інформації, а також явні залежності між істотними факторами, які впливають на якісні показники.

Наведена задача є частиною системи підтримки прийняття рішень для підприємств харчової технології [10, 11].

ЛИТЕРАТУРА

1. „Автоматизация технологических процессов пищевых производств”. Под редакцией профессора Е. Б. Карнина. – М. «Пищевая промышленность» 1997г.
2. Національний стандарт України. Цукор білий. Технічні умови. ДСТУ 4623:2006.
3. Національний стандарт України. Молоко та вершки сухі. Технічні умови. ДСТУ 4273:2003.
4. Міждержавний стандарт. Мука для продуктов детского питания. Технические условия. ГОСТ 27168-86.
5. Галузевий стандарт України. Борошно пшеничне. Технічні умови. ГСТУ 46.004-99.
6. Пюре напівфабрикати фруктові. Технічні умови. ТУ У 46.72.091-95.
7. Каші сухі для дитячого харчування. Технічні умови. ТУ У 15.8-31760036-038:2007.

8. Научная сессия МИФИ – 2003. V Всероссийская научно-техническая конференция «Нейроинформатика 2003»: Лекции по нейроинформатике. Часть 1. – М.: МИФИ, 2003. – 188 с.
9. Вишемирська С. В. Ситуаційний аналіз фінансового стану підприємства за допомогою байєсовських мереж // Інтелектуальні системи прийняття рішень та прикладні аспекти інформаційних технологій: Матеріали науково-практичної конференції. Том 3. – Херсон, 2008. – С. 72–77.
10. Вишемирська С. В. Інформаційне забезпечення прийняття рішень на підприємстві дитячого харчування // Математичне та програмне забезпечення інтелектуальних систем. – Дніпропетровськ, 2008. – С. 73–74.
11. Козинець М.В. Системологія проектування систем підтримки прийняття рішень, що навчаються // „Вісник СумДУ”, №4(88)’ 2006. – С. 34-43.

Ю. А. Водолазский, А. И. Михалев, Т. А. Лихоузова

МЕТОД МАКСИМУМОВ МОДУЛЕЙ ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАНИЯ В ЗАДАЧАХ АНАЛИЗА ПОВЕРХНОСТЕЙ МАТЕРИАЛОВ

Постановка проблемы

Изучить возможность использования методов вейвлет-мультифрактального анализа, в частности, метода максимумов модулей вейвлет-преобразования для исследования поверхностей материалов.

Анализ последних исследований

В настоящее время при проведении анализа поверхностей материалов широко используется аппарат фрактальной геометрии [1, 2]. При этом численной характеристикой объекта выступает, как правило, величина его фрактальной размерности. Использование этого показателя для описания поверхности материала предполагает допущение, что неоднородность, иррегулярность или просто шероховатость поверхности является константой для любого ее участка. Однако сама неоднородность реальной поверхности, в свою очередь, может быть подвержена пространственным флуктуациям. В этой связи регистрацию и изучение таких поверхностей можно проводить и с использованием классического мультифрактального анализа, позволяющего выявить пространственные особенности стохастической поверхности материала [3, 4, 5]. Основы мультифрактального анализа, базирующегося на применении непрерывного вейвлет-преобразования, рассмотрены в работе [6].

Описание метода исследования

Вейвлеты часто геометрически интерпретируют как обобщение классических алгоритмов покрытия множества сферами, кубиками и т.п. С другой стороны, базисные функции вейвлет-преобразования являются хорошо локализованными (солитоноподобными), они представляют собой эффективный математический аппарат для анализа нестационарных процессов [7]. Сигналы, описывающие данные процессы, как правило, обладают мультифрактальными свойствами, т.е. их скейлинговые характеристики изменяются при смене масштаба [8].

Классический мультифрактальный анализ заключается в получении спектра сингулярностей $f(\alpha)$. Для этого предварительно вычисляют спектр скейлинговых экспонент $\tau(q)$ и затем с помощью преобразования Лежандра вычисляют собственно спектр сингулярностей $f(\alpha)$ [9].

Наряду с традиционными методами мультифрактального анализа свою эффективность показал метод «максимумов модулей вейвлет-преобразования» (ММВП) [10], который на промежуточных этапах вычислений использует вейвлет-преобразование, и представляет собой сочетание вейвлет и мультифрактального анализов. Идея метода заключается в разложении сигнала по базису, сконструированному из обладающей определенными свойствами солитоноподобной функции (вейвлета) посредством масштабных изменений и переносов. Каждая из функций этого базиса характеризует как определенную пространственную или временную частоту, так и ее локализацию в физическом пространстве или во времени. Непрерывное вейвлет-преобразование мультифрактальной функции $g(x)$ определяется следующей формулой:

$$W(a,b) = \frac{1}{\sqrt{a}} \int_{-\infty}^{\infty} g(x) \psi\left(\frac{x-b}{a}\right) dx, \quad (1)$$

где a - параметр масштаба, b - пространственная координата или момент времени, ψ - вейвлет.

Выбор вейвлета является весьма важным моментом исследования, т.к. правильность выбора этой функции позволяет выделить необходимую информацию, которая собственно и должна определять вид вейвлета. Необходимым условием при этом является то, чтобы выбранный вейвлет был не менее гладким, чем анализируемый сигнал.

Результат вейвлет-преобразования интерпретируется как поверхность в трехмерном пространстве. При этом наиболее важная информация содержится в скелетоне, или линиях локальных экстремумов поверхности вейвлет-коэффициентов $W(a,x)$, поиск которых проводится на каждом масштабе a . После того, как линии локальных экс-

тремумов или локальных максимумов модулей вейвлет-преобразования выделены, производится их анализ. В результате анализа определяются гильдеровские экспоненты (3) исследуемой функции, которые аналогичны по смыслу экспонентам сингулярностей α , рассчитываемых с помощью преобразования Лежандра в рамках классического подхода [3]. Для этого на втором этапе необходимо найти частичные функции

$$Z(q, a) = \sum_{l \in L(a)} |W(a, x_l(a))|^q, \quad (2)$$

где $L(a)$ – множество всех линий l -локальных максимумов модулей вейвлет-коэффициентов $W(a, x)$, существующих на масштабе a ; $x_l(a)$ характеризует положение на этом масштабе максимума, относящегося к линии l .

Скейлинговые экспоненты можно получить из соотношения

$$Z(q, a) \approx a^{\tau(q)} \quad (3)$$

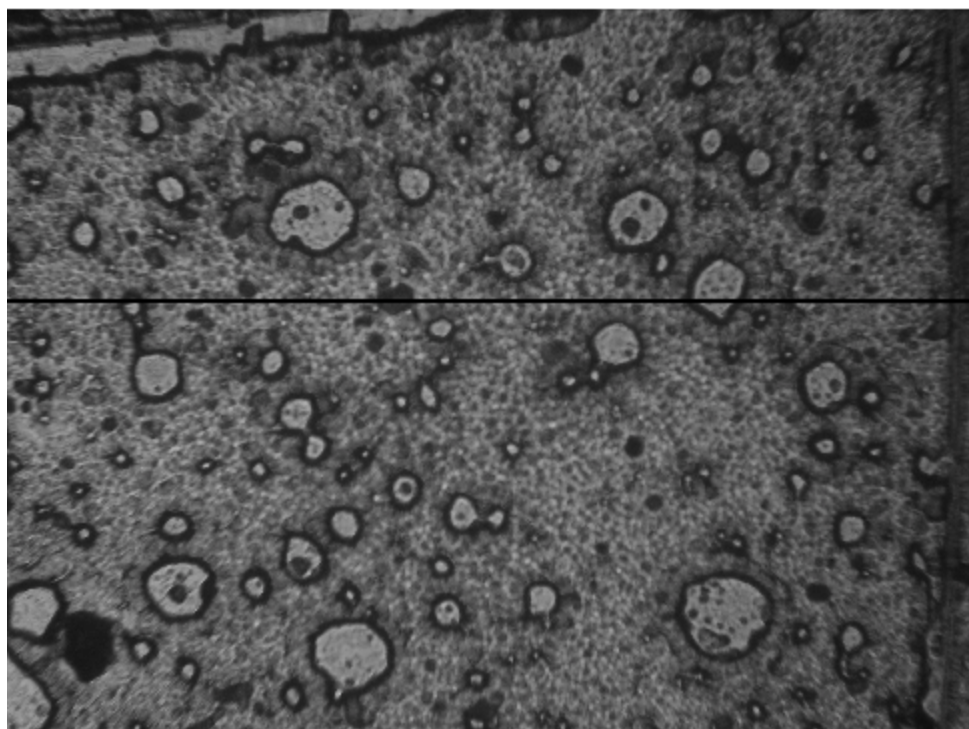
путем определения наклона зависимости $\ln Z(q, a)(\ln a)$.

Спектр размерностей Реньи вычисляется, используя соотношение [7,9]:

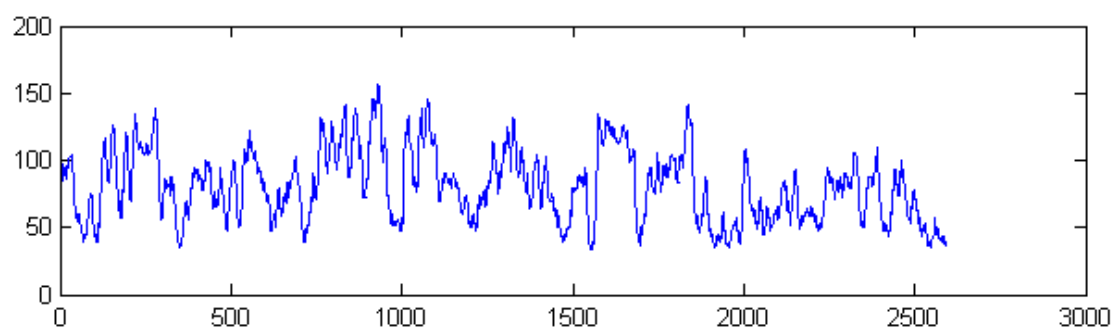
$$\begin{cases} h = \frac{d\tau}{dq} \\ D(h) = qh - \tau(q) \end{cases} \quad (4)$$

Преимущество мультифрактального формализма на базе вейвлет-преобразований заключается в возможности проводить оценку спектрально-корреляционных свойств случайных процессов по сравнительно коротким реализациям сигналов. В то время как недостатком данного метода является его ориентированность на анализ одномерных сигналов.

В данной работе предлагается понижать размерность изображения до одномерного сигнала (рис. 1б), получаемого как пересечение поверхности изображения (рис. 1а) произвольно выбранной плоскостью.



а



б

Рисунок 1 – Получение сигнала из двумерного изображения металлической поверхности с антикоррозионным покрытием: а) изображение поверхности; б) профиль поверхности в области горизонтальной линии

Вейвлет-мультифрактальный анализ

Мультифрактальный анализ сигнала проводился с использованием WaveLab 8. Для анализа сигнала в качестве базисного был выбран вейвлет Гаусса.

В результате анализа в соответствии с соотношениями (1-4) были получены численные значения мультифрактальных кривых, графики которых можно видеть на рис. 2.

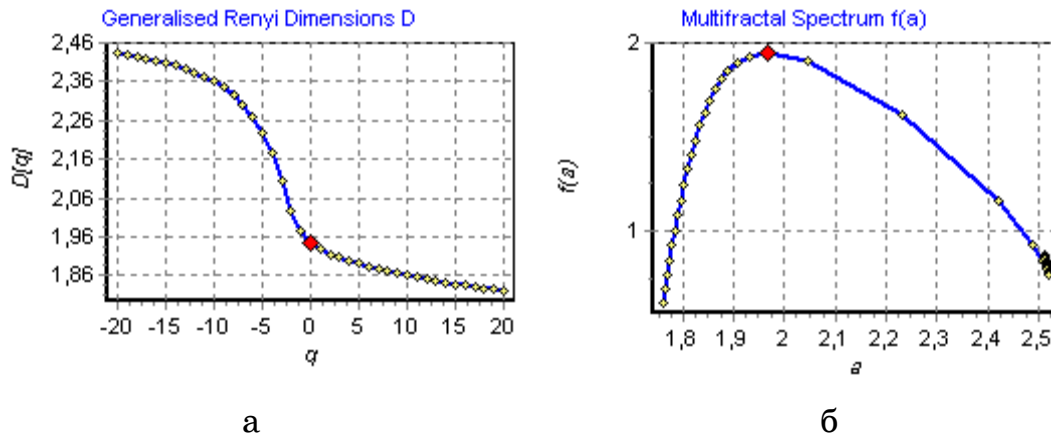


Рисунок 2 – Размерности Реньи (а) и мультифрактальный спектр (б) исследуемого сигнала (вейвлет-мультифрактальный анализ)

Тестовое изображение (рис. 1а) было также проанализировано по классической схеме мультифрактального анализа, описанной в работах [3, 4, 5]. Напомним, что данный подход отличается тем, что вместо покрытия исследуемого сигнала вейвлетами, используется частный случай – покрытие кубами. Таким образом, соотношение (2) в рамках данного подхода выглядит следующим образом:

$$Z(q, \varepsilon) = \sum_{i=1}^{N(\varepsilon)} p_i^q(\varepsilon), \quad (5)$$

где p_i – мера объекта в i -й ячейке при разбиении поверхности с масштабом ε .

При проведении анализа использовалась мера, генерируемая из меры Лебега, как отношение части площади в этой ячейке ко всей площади поверхности. Мультифрактальный спектр и спектр размерностей Реньи вычислялся аналогичным образом. Результат вычисления данных функций с использованием авторского программного обеспечения MFSR Steel [4] показал, что численные значения мультифрактальных характеристик имеют незначительные отклонения (относительная погрешность 5..7%) от значений, полученных с помощью метода ММВП.

Таким образом, мультифрактальный анализ поверхности материала можно проводить по ее профилю, рассматривая его как одномерный сигнал, с использованием аппарата ММВП.

Выводы

Мультифрактальный формализм, основанный на вейвлет-анализе, в сравнении с традиционными методами исследования структуры сигналов (например, корреляционным анализом) дает возможность изучать более тонкие характеристики. Данный метод более чувствителен к мельчайшим изменениям анализируемого сигнала при анализе динамики объекта на разных масштабах – от слабых (малые флуктуации) до сильных его сингулярностей (большие флуктуации). Лежащее в основе вейвлет-преобразование является инструментом, который очень хорошо приспособлен для изучения свойств самоподобия (в терминах вейвлет-коэффициентов это означает степенное поведение их высших моментов при изменении масштаба). Метод хорошо подходит для решения физических задач, поскольку он оперирует интуитивно-понятными характеристиками. В частности, спектр сингулярностей содержит информацию, с одной стороны, о корреляционных свойствах анализируемого процесса (которые относятся к числу базовых характеристик в теории случайных процессов), а с другой стороны, о степени однородности сигнала, количественной мерой которой является ширина функции обобщенной фрактальной размерности D_q .

ЛИТЕРАТУРА

1. Помулев В.В. Разработка моделей фрактальных структур металлических материалов. Автореферат дисс. канд. техн. наук: 01.05.02 / Нац. мет. акад. Украины – Днепропетровск, 2005.
2. Иванова В.С. Синергетика. Прочность и разрушение металлических материалов. – М.: Наука, 1992.
3. Встовский Г.В., Колмаков А.Г., Бунин И.Ж. Введение в мультифрактальную параметризацию структур материалов. Монография. – М.: Ижевск, 2001.
4. Оценка параметров мультифрактальных моделей металлографических изображений / Михалев А.И., Дервянко А.И., Водолазский Ю.А., Помулев В.В. – Современные проблемы металлургии. – Том 7, 2004. – С.
5. Михалев А.И., Водолазский Ю.А. Мультифрактальный анализ в задачах оценивания качества медных покрытий // Нові Технології. – 2(12). – Кременчук: КУЕІТУ, 2006. – С. 184-188.

6. Павлов А.Н., Анищенко В.В. Мультифрактальный анализ сложных сигналов // УФН 177(8), 2007. – С. 859-876.
7. Короновский А.А., Храмов А.Е., Непрерывный вейвлетный анализ и его приложения. – М.Ж Физматлит, 2003.
8. Harte D. Multifractals: theory and applications. – Boca Raton, Florida: Chapman & Hall/CRC, 2001.
9. Божокин С.В., Паршин Д.А. Фракталы и мультифракталы. - М.: Ижевск, 2001.
10. Muzy J.F., Bacry E., Arneodo A.. – Phys. Rev. Lett. 67 3515 (1991).

ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ ПО ВОПРОСАМ ВЗРЫВОБЕЗОПАСНОСТИ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

Анализ статистических данных показывает, что количество аварийных и катастрофических ситуаций, связанных с возникновением взрывов на промышленных предприятиях и в транспортных системах в последние десятилетия неуклонно возрастает [1,2]. Более половины промышленных катастроф 1900–1990 гг. приходится на 1970–1990 гг., причем на 1980–1990 гг. – более одной третьей [2]. В СССР на химико-технологических объектах за период с 1970-го по 1990-ый годы произошло около 180 крупных взрывов с тяжелыми последствиями, причем большая их часть пришлась именно на 80-ые годы [2]. После распада СССР, несмотря на значительное сокращение объемов промышленного производства в ряде стран СНГ, число непреднамеренных (случайных) взрывов на производстве существенно выросло. Развитие химико-технологических производств в связи с более углубленной переработкой сырья способствует росту общего числа потенциально взрывоопасных объектов, что является основным объективным фактором увеличения числа аварийных взрывов. Очевидна необходимость в совершенствовании подходов к оценке и обеспечению промышленной взрывобезопасности. Для этого в первую очередь нужно разработать теоретические методы оценки взрывоопасности объектов различной природы, что позволяет принимать научно обоснованные решения по проблемам построения объектов с учетом взрывобезопасности и в какой-то мере управлять развитием взрывоопасных процессов.

Принятие решений по вопросам взрывобезопасности в рамках классической модели [3], основанной на точных или приближенных (но с известной и заранее заданной точностью) математических расчетах в большинстве реальных случаев не представляется возможным из-за чрезвычайной сложности задачи и существенных погрешностей (как теоретических, так и экспериментальных) в определении базовых физико-химических параметров. Для построения интеллектуальной системы поддержки принятия решений (ИСПР) по вопросам

взрывобезопасности можно использовать как математическую модель принятия решений в условиях неопределенности, базирующуюся на теории нечетких множеств и нечеткой логике, так и математическую модель принятия решений в условиях риска, базирующуюся на теории вероятностей и вероятностной логике. Для сложных промышленных и транспортных систем применение первой модели представляется более предпочтительным [4]. В самом деле, многие параметры, необходимые для применения второй модели, определяются при обработке статистических данных, которые для взрывных процессов в ряде случаев являются весьма неполными или вообще отсутствуют. К тому же, сами эти статистические данные часто являются в некотором смысле «нечеткими». И хотя в принципе всегда возможно составление графа вероятностей переходов системы из взрывобезопасного состояния во взрывоопасное, а также составление матрицы вероятности таких переходов, эффективность подобной методологии представляется невысокой [4]. Учитывая вышеизложенное, достаточно универсальные и эффективные ИСПР по вопросам взрывобезопасности должны предусматривать условия нечеткости в сочетании с применением строгой математической теории горения и взрыва.

Первоочередной задачей оценки взрывоопасности системы является оценка ее пожароопасности, так как и пожар, и взрыв имеют в своей основе один и тот же неконтролируемый процесс окисления различных горючих веществ с выделением тепловой энергии. По скорости протекания физико-химического процесса окисления эти два явления, – пожар и взрыв, – выделяются в различные группы, однако так как взрыв без горения невозможен, то оценку пожароопасности системы можно считать предварительной оценкой её взрывоопасности: если система не является пожароопасной, она тем более не взрывоопасна.

Рассмотрим вопрос об оценке пожаро- и взрывоопасности смеси, состоящей из топлива и окислителя, которым является кислород или воздух.

С целью программной реализации ИСПР, составлена достаточно полная база данных (БД) различных видов горючего с указанием их термодинамических и термохимических свойств, а также концентрационных пределов воспламенения – нижнего (НКПВ) и верхнего (ВКПВ). Концентрационные пределы воспламенения того или иного

топлива в воздушной смеси, – если они неизвестны, – могут быть оценены по концентрационным пределам воспламенения этого же топлива в смеси с кислородом, исходя из процентного содержания кислорода в воздухе (21% O_2 по объёму). Указанная БД допускает возможность пополнения и расширения, что можно считать, в определенном смысле, способностью системы к обучению. При этом эксперт, пополняющий БД, кроме названия и/или химической формулы горючего вещества должен указать его параметры (что, впрочем, отчасти можно реализовать с помощью встроенной справочной системы) и концентрационные пределы воспламенения. Если последние неизвестны, эксперт может указать известный вид горючего, по аналогии с которым даётся оценка НКПВ или ВКПВ топлива, вводимого в БД. Для оценки пожароопасности системы эксперт указывает топливо, окислитель (кислород или воздух) и объемную концентрацию окислителя. Кроме того в БД вводится информация о геометрической форме, в которую заключена горючая смесь (круглая труба, канал прямоугольного сечения, отсутствие ограничивающих стенок – открытое пространство, точнее свободное газовое облако) и соответствующие размеры, а также начальное давление. Именно эти факторы являются ключевыми для принятия решения о пожароопасности или пожаробезопасности системы с горючей смесью.

Пожароопасность системы выражается нечеткой логической переменной (нечетким высказыванием) $\tilde{П}$, которое, в свою очередь, можно рассматривать как конъюнкцию трех нечетких высказываний, а именно:

1) нечеткого высказывания $\tilde{К}$, выражающего соблюдение концентрационных пределов воспламенения;

2) нечеткого высказывания $\tilde{D}$, выражающего соблюдение отсутствия гасящего расстояния;

3) нечеткого высказывания $\tilde{P}$, выражающего превышение начального давления над критическим, ниже которого горение в данных условиях невозможно.

Таким образом

$$\tilde{П} = \tilde{К} \wedge \tilde{D} \wedge \tilde{P} \quad (1)$$

Областью суждений (универсальным множеством, базовым множеством, базовой шкалой) для нечеткой переменной $\tilde{K}$ является множество значений объёмной концентрации топлива C , выраженное в процентах ($0 \leq C \leq 100$). Функция принадлежности μ_K для нечеткой переменной $\tilde{K}$ имеет трапецеидальный вид, заданный формулами

$$\mu_K = \begin{cases} \frac{C}{\text{НКПВ}}, & \text{при } 0 \leq C \leq \text{НКПВ} \\ 1, & \text{при } \text{НКПВ} \leq C \leq \text{ВКПВ} \\ 1 - \frac{C - \text{ВКПВ}}{100}, & \text{при } \text{ВКПВ} \leq C \leq 100 \end{cases} \quad (2)$$

В случае, когда $\mu_K = 1$, систему можно оценить как безусловно пожароопасную по концентрации топлива. В случае, когда $\mu_K = 0$, система оценивается как безусловно пожаробезопасная.

Областью суждений для нечеткой переменной $\tilde{D}$ является множество значений ширины канала (при этом под шириной канала понимается больший из двух линейных размеров прямоугольного сечения) или диаметра трубы d ($d \geq 0$). Функция принадлежности μ_D для нечеткой переменной $\tilde{D}$ имеет кусочно-линейный вид, заданный формулами

$$\mu_D = \begin{cases} \frac{d}{d_{\text{кр}}}, & \text{при } 0 \leq d \leq d_{\text{кр}} \\ 1, & \text{при } d_{\text{кр}} \leq d \end{cases} \quad (3)$$

Под величиной $d_{\text{кр}}$ понимается гасящее расстояние [1] между стенками канала или критический диаметр трубы. Если гасящее расстояние неизвестно из экспериментов, то в качестве $d_{\text{кр}}$ можно принять величину, меньшую размера ячейки пламени, оценка которого приведена в работах [6,7]. В случае, когда $\mu_D = 1$, систему можно оценить как безусловно пожароопасную по геометрии ограничивающего пространства. В случае, когда $\mu_D = 0$, система считается пожа-

робезопасной. Если ограничивающие стенки отсутствуют, то принимается $\mu_D = 1$, т.е. величина $\tilde{D}$ постоянна и подобная система всегда пожароопасна.

Наконец, областью суждений для нечеткой переменной $\tilde{P}$ является множество значений начального давления газовой смеси p ($p \geq 0$). Функция принадлежности μ_p для нечеткой переменной $\tilde{P}$ имеет кусочно-линейный вид, заданный формулами

$$\mu_p = \begin{cases} \frac{p}{p_{кр}}, & \text{при } 0 \leq p \leq p_{кр} \\ 1, & \text{при } p_{кр} \leq p \end{cases} \quad (4)$$

Под величиной $p_{кр}$ понимается минимальное давление, при котором зажигание и горение еще возможны [1,2].

В случае, когда $\mu_p = 1$, систему можно оценить как безусловно пожароопасную по начальному давлению. В случае, когда $\mu_p = 0$, система может считаться пожаробезопасной.

Подобным образом, при помощи конъюнктивных форм типа (1) для различных нечетких переменных можно оценить детонационную способность и собственно взрывоопасность системы, возможность перехода горения в детонацию, длину преддетонационного участка и т.п.

Таким образом, результаты вычислений значений разнообразных нечетких логических выражений позволяют оценить возможность взрыва, а также тип взрывного процесса. Эти оценки представляют собой основу для принятия соответствующих решений по вопросам взрывобезопасности и взрывозащиты. Решение по предотвращению взрыва или подавлению взрывных волн может быть принято заблаговременно, уже на стадии проектирования объекта или в оперативном режиме.

ЛИТЕРАТУРА

1. Взрывные явления. Оценка и последствия: В 2-х кн. Кн.1 /У. Бейкер, П. Кокс, П. Уэстайн и др. – М: Мир, 1986. – 319с.

2. Бесчастнов М.В. Промышленные взрывы. Оценка и предупреждение. – М.: Химия, 1991. – 432 с.
3. Энта Ё. Теория нечетких решений: Нечеткие множества и теория возможностей. Последние достижения / Под ред. Р.Р. Ягера. – М.: Радио и связь, 1986. Часть IV. Практические задачи. – С. 301-312.
4. Волков В.Э. Теоретические основы построения систем интеллектуальной поддержки принятия решений по вопросам взрывобезопасности // Информационные системы и технологии: Тез. докл. II-го семинара. – Одесса. – 2004. – С. 6-7.
5. Волков В.Э. Интеллектуальные системы поддержки принятия решений по вопросам взрывобезопасности // Зернові продукти і комбікорми, 2007. – №2, червень 2007. – С. 44-47.
6. Асланов С.К., Волков В.Э. Интегральный метод анализа устойчивости ламинарного пламени. – Физика горения и взрыва, 1991, №5. – С. 160-166.
7. Aslanov S., Volkov V. On the Instability and Cell Structure of Flames. – Archivum combustionis, 1992, Vol.12, Nr. 1-4. – P.81-90.

СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО УПРАВЛЕНИЮ САНИТАРНО-ЭПИДЕМИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКОЙ РЕГИОНА

Введение

Проблема предотвращения возникновения катастроф и других чрезвычайных ситуаций (ЧС), смягчения их последствий и ликвидации весьма актуальна сегодня не только для Украины, но и для всего человечества. Это обусловлено ежегодным увеличением количества, масштабов катастроф, ростом потерь, которое несет человечество, что сдерживает развитие цивилизации [1,2].

В настоящее время эффективному управлению процессами обеспечения нормальной жизнедеятельности населения уделяется большое внимание. Поэтому современное понимание безопасности значительно расширилось и включает надежное предоставление необходимых условий для жизни, развития и самовыражения.

При создании автоматизированных систем управления чрезвычайными ситуациями (АСУ) важно моделировать то или иное событие, производить быстрые расчеты параметров ситуации, прогнозировать их развитие. Это позволяет создавать системы поддержки принятия решений (СППР) по управлению чрезвычайными ситуациями (ЧС)[2,3].

К сожалению, вопросам санитарно-эпидемической обстановки региона (СЭОР) не уделяется должного внимания. Питательная водопроводная вода, в случае бактериального загрязнения, может стать причиной возникновения и распространения эпидемии кишечных инфекций, а также может быть источником поступления в организм человека вредных химических веществ, обладающих общетоксическим, сенсibiliзирующим, канцерогенным действием. О последствиях загрязнения химическими веществами (тяжелыми металлами, пестицидами, радионуклидами), содержащимися в водопроводных сетях, свидетельствует увеличение заболеваемости и смертности населения [4].

Цель работы

При возникновении ЧС регионального масштаба возникает необ-

ходимость в системе, помогающей специалистам управления по вопросам гражданской защиты от ЧС (лицам, принимающим решения – ЛПР) идентифицировать, локализовывать и устранять последствия ЧС. В данной работе рассматривается прототип системы поддержки принятия решений по вопросам санитарно-эпидемиологической обстановки в регионе (СППР СЭОР).

Изложение основного материала

В настоящее время существуют системы управления региональной защитой, такие как ЕСГЗ – единая государственная система гражданской защиты населения и территорий, включающие в себя совокупность органов управления, сил и средств органов исполнительной власти, обеспечивающих поведение формирований гражданской защиты в различных ситуациях (угроза военного нападения, техногенных аварий и катастрофы мирного времени, наводнения, землетрясения, наводнения и др.) [1]. Общая схема управления региональной защитой приведена на рис. 1. Она состоит из следующих подразделений:

- управление противопожарной защитой;
- управление по ЧС транспортного характера;
- управление по локализации аварий на электросетях;
- управление авариями с выбросом радиоактивных веществ;
- управление по локализации природных катаклизмов;
- управление по локализации ЧС социально-политического характера;
- управление по ЧС санитарно-эпидемиологического характера.

Каждое подразделение выполняет определенные функции и контактирует с необходимыми службами для выполнения поставленной задачи обеспечения гражданской защиты.

Для построения СППР СЭОР выбраны Web-технологии, что позволяет развернуть систему в IP-сети любого масштаба – Internet, Intranet, Extranet. Язык HTML и фреймовое представление HTML-страниц обеспечивают визуальное представление пользовательского интерфейса. При этом доступ к системе будет возможен для любого пользователя без необходимости в установке дополнительного клиентского программного обеспечения. Все, что необходимо пользователю, – любой современный Web-браузер, поддерживающий языки HTML, а также фреймовое представление HTML документов и графику.

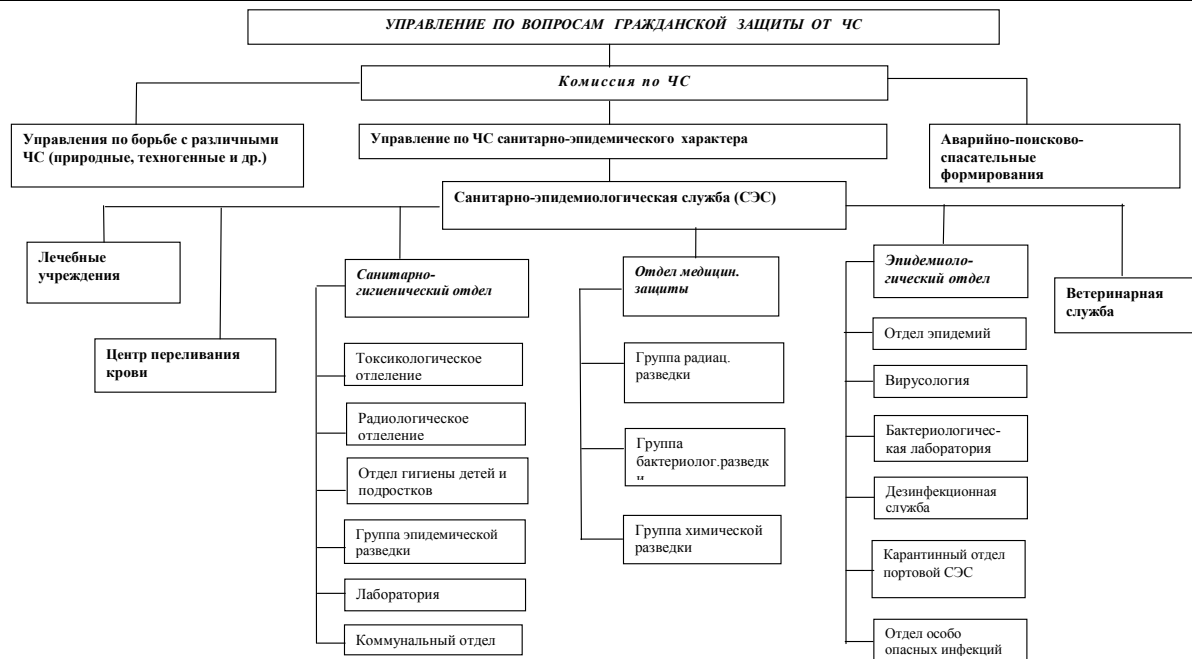


Рисунок 1 – Общая схема управления санитарно-эпидемической защитой в регионе

Главное меню СППР состоит из четырех пунктов, каждый из которых соответствует одной из подсистем СППР. Путем выбора одного из пунктов, пользователь может активизировать подменю управления работой соответствующей подсистемы СППР (рис. 2).

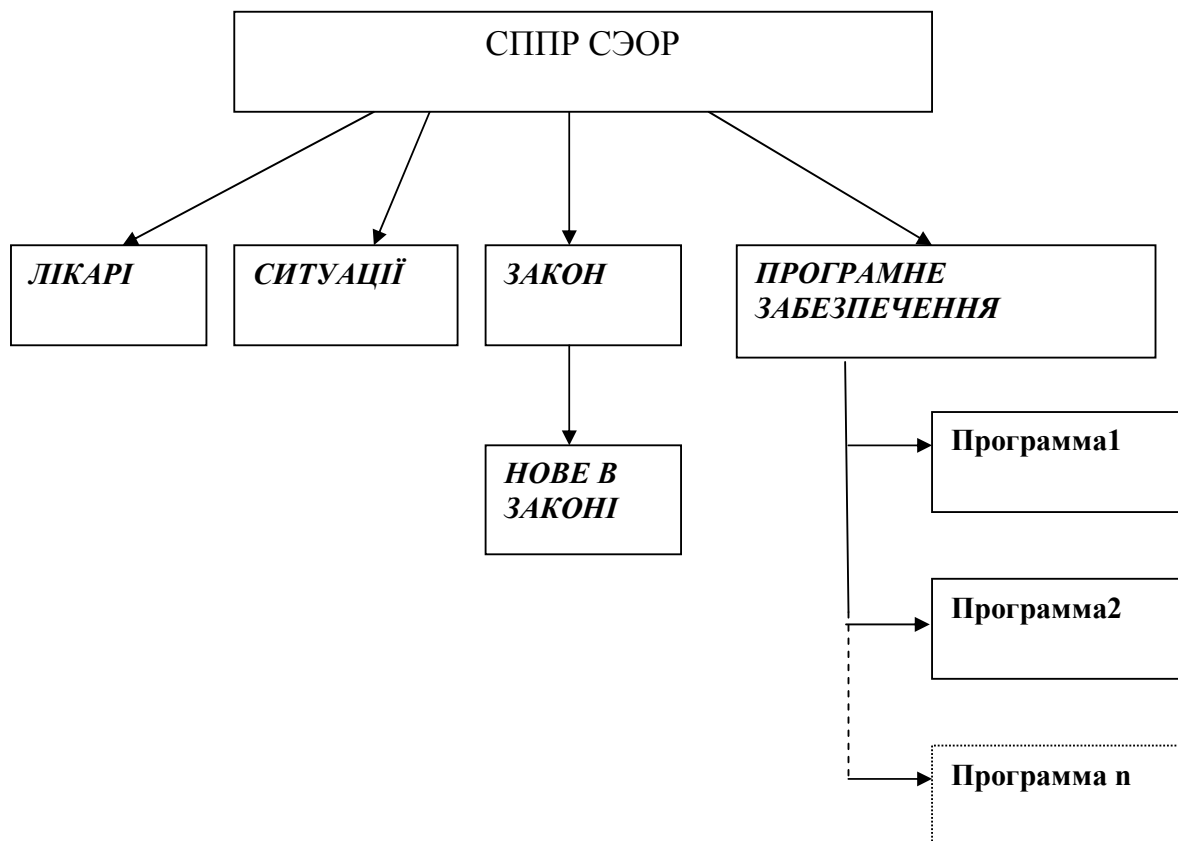


Рисунок 2 – Подсистемы СППР СЭОР

СППР состоит из следующих подсистем: «Лікарі», «Ситуації», «Закон», «Нове в законі» и «Програмне забезпечення».

На рис. 3 показан фрагмент подсистемы «Закон», которая содержит всю законодательную базу по вопросам, относящимся к ЧС. Программные модули подсистем СППР могут быть реализованы в различных программных средах в виде динамически подключаемых библиотек и подключены к ядру. Такой подход позволяет сделать СППР в целом легко расширяемой и масштабируемой, в том числе и за счет удаленного вызова функций подсистем СППР через локальные и глобальные вычислительные сети.

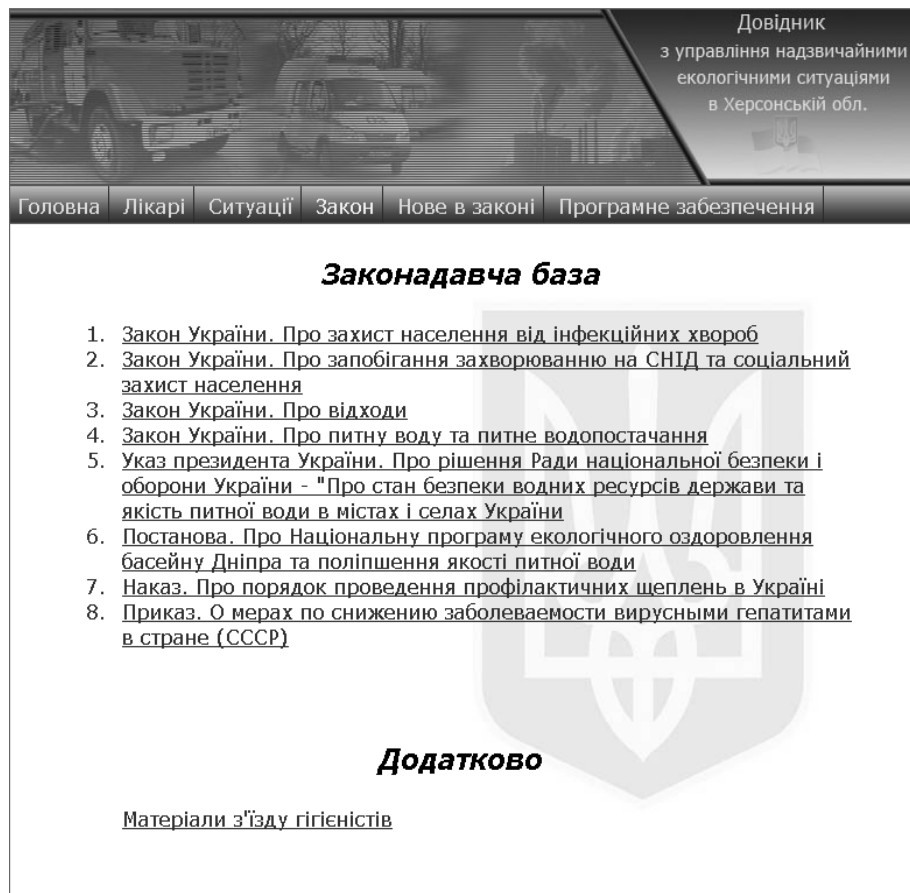


Рисунок 3 – Подсистема «Закон»

Модуль «Програмне забезпечення» призначений для роботи на Intel-совместимых ПК, использующих операционную систему семейства Windows,

и представляет собой программное воплощение модели управления ресурсами и модели распространения загрязнений в воде[3].

Программа1, реализующая модель управления ресурсами, позволяет рассчитать количество врачей, медикаментов, а также транспортных ресурсов, необходимых для погашения ЧС.

При введенных исходных данных (количество времени на оказание помощи, транспортные ресурсы и др.) пользователь получает расчет количества врачей и медикаментов на локализацию ЧС. В условиях увеличения количества ЧС эпидемического характера, превентивные меры по снижению возможных потерь и ущерба, уменьшению масштабов эпидемий также весьма многочисленны, многоплановы и осуществляются по ряду направлений.

Современная микробиология, иммунология и эпидемиология позволяет не только ликвидировать, но и предупреждать эпидемические процессы. Под эпидемическим процессом здесь понимается процесс возникновения и распространения инфекционных заболеваний среди людей - связан с жизнедеятельностью возбудителей инфекционных заболеваний. В зависимости от особенностей взаимодействия микро- и макроорганизмов в определенных природных и социальных условиях схемы развития эпидемического процесса различные при разных заболеваниях. Однако паразитическая природа возбудителей предопределила тот факт, что при любой схеме течения эпидемического процесса можно выделить три звена: источник инфекции (возбудителя инфекции), механизм передачи возбудителя и восприимчивый организм.

Программа2, реализующая модель распространения загрязнений, имеет интерфейс ввода исходных данных для расчетов, таких как площадь живого сечения водотока, средняя скорость сечения водотока, средняя глубина водотока и т.д. (рис. 4).

Рисунок 4 – Интерфейс ввода исходных данных для расчетов

Процесс нахождения управленческих решений имеет итерационный характер: начальные данные могут уточняться или изменяться и анализируются неоднократно. И в зависимости от меняющихся данных с помощью подсистемы «Программе забезпечення» пользователь может видеть реальную картину изменений во времени и ожидаемый результат.

Выводы.

Предложенная СППР позволяет оптимизировать труд ЛПР и оперативно решать задачи в случае возникновения ЧС. Вся работа с данными осуществляется посредством вызова программ – процедур. Программные модули подсистем СППР могут быть реализованы в различных программных средах в виде динамически подключаемых библиотек и подключены к ядру СППР. Такой подход позволяет сделать СППР в целом легко расширяемой и масштабируемой, в том числе и за счет удаленного вызова функций подсистем СППР через локальные и глобальные вычислительные сети.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кириллов О.М., Рогальський Ф.Б., Михайлик С.В., Вороненко М.О. Захист населення і територій від надзвичайних ситуацій мирного часу. - Херсон:ХНТУ, 2007. – 328 с.
2. Моніторинг та прогнозування генетичного ризику в Україні (матеріали наукових досліджень за програмою «Граніт» 1998 року)/В.Г. Сліпченко, Ю.І. Бадаєв, І.Р. Бариляк та ін., - К.:ІВЦ «Видавництво «Політехніка»», 2005.- 326 с.
3. Рогальський Ф.Б., Вороненко М.А. Автоматизация управления санитарно-эпидемической обстановкой региона // Математическое моделирование в образовании, науке и промышленности: Сб. науч. Трудов. – С.-Пб.: Санкт-Петербургское отделение МАН ВШ, 2000. – с.153-156.
4. Гончарук Е.Н. Обоснование, формулировка и содержание основных законов гигиены // Вестник гигиены и эпидемиологии. – 1997. – X. – С.5-7

В. И. Гнатюк, Ю. Н. Бардачев, А. А. Дидык

ПРИМЕНЕНИЕ ПРИНЦИПА СОВПАДЕНИЯ РЕГУЛЯРНЫХ ИМПУЛЬСНЫХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ В ЛОКАЦИИ И НАВИГАЦИИ

Введение

Традиционные навигационные устройства используют в качестве несущей частоты радиодиапазон [1]. При этом для определения угловых и линейных координат используются принципиально различные методы и устройства. В связи с этим, можно выделить следующие недостатки этих устройств:

- 1) Значительные размеры антенных устройств.
- 2) Невысокая точность определения координат объекта.
- 3) Сложность приемопередающих устройств.
- 4) Высокая стоимость аппаратуры.

В работе [1] приведены методы определения координат объектов с использованием лазерных источников излучения. Устройства, реализующие данные методы, могут быть применены в локации и навигации.

Постановка проблемы

Измеряя с помощью известных технических средств, временные интервалы, соответствующие угловым и линейным величинам, получают по формулам [1] расстояние D до объекта измерения и угловое направление α на объект. Точность определения координат зависит, прежде всего, от точности измерения временных интервалов. В реальных условиях, возникают также трудности с приемом отраженного от объекта оптического сигнала, связанные с качкой судна, на котором находится измерительное устройство, уменьшением мощности сигнала при прохождении его через атмосферу и т.п.

В настоящей работе ставится задача разработки математической модели цифрового преобразования фазы которая основывается на принципе совпадения регулярных импульсных последовательностей для описания методов преобразования координат объектов на плоскости для последующего синтеза устройств погрешность квантования которого должна быть снижена до величины длительности импульсов в совпадающих последовательностях.

Решение поставленной задачи

Рассмотрим пути снижения влияние этих фактора. Предположим, что временной интервал T_x квантуется на N интервалов, имеющих длительность T_0 (T_0 – период повторения импульсов генератора квантующих импульсов). В общем случае, T_x не кратно T_0 и поэтому при квантовании T_x возникает погрешность от квантования [2].

Временной интервал T_x (рис.1) ограничивается стартовым и стоповым импульсами, которые могут занимать любое положение на временной оси t относительно импульсов генератора квантующих импульсов.

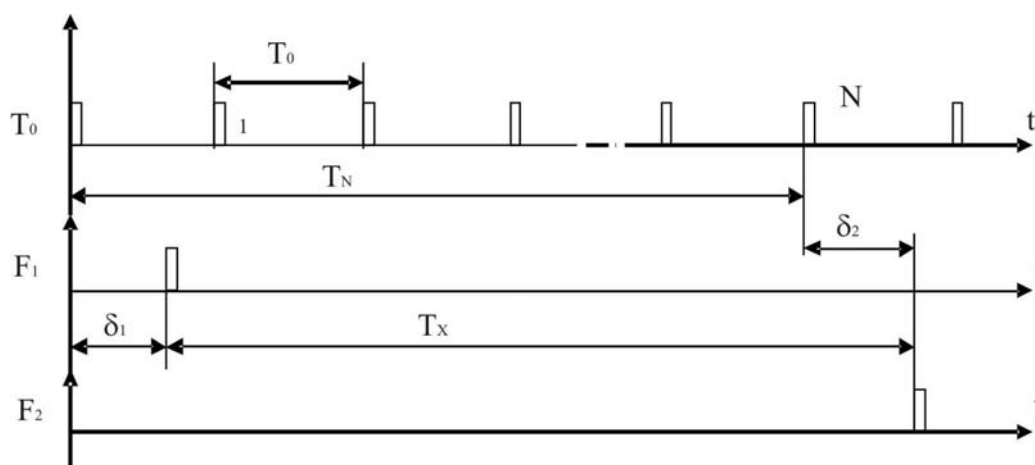


Рисунок 1 – Погрешность квантования временных интервалов.

Из рис. 1. видно, что фактическое значение преобразуемой величины равно

$$T_N = NT_0, \quad (1)$$

где N – код, зафиксированный на счетчике, подсчитывающем импульсы квантующей частоты.

Эта преобразованная величина отличается от истинного значения T_x . Погрешность δt

$$\delta t = NT_0 - T_x = \delta_1 - \delta_2, \quad (2)$$

где δ_1 – положительная погрешность квантования;

δ_2 – отрицательная погрешность квантования.

Максимальная величина погрешности квантования равна T_0 .

В настоящее время существует несколько методов уменьшения погрешностей δ_1 и δ_2 , они достаточно широко описаны в литературе [2, 3].

Значительно снизить погрешность квантования позволяет принцип регулярных импульсных последовательностей [4].

Поясним суть данного принципа на примере преобразования разности фаз двух регулярных импульсных последовательностей. Предположим, что мы имеем две последовательности импульсов T_1 и T_2 , имеющих период T (рис.2), сдвиг фаз φ , между которыми, необходимо определить. В качестве эталонного, имеем период T_0 .

Стартовый импульс вырабатывается в момент совпадения импульсов последовательностей T_1 и T_0 , а стоповый – в момент совпадения последовательностей T_2 и T_0 . Подсчитаем теперь количество импульсов эталонной f_0 , f_1 и f_2 частот между стартовыми и стоповыми импульсами. при помощи четырех счетчиков. Счетчик $Сч_1$ производит подсчет импульсов частоты f_1 между первым и вторым стартовыми импульсами. Счетчик $Сч_2$ – импульсов эталонной частоты f_0 между теми же импульсами. Счетчик $Сч_3$ производит подсчет импульсов частоты f_2 между первым стартовым и первым стоповым импульсами, а $Сч_4$ – импульсами эталонной частоты f_0 между теми же импульсами. После преобразования в счетчиках будут зафиксированы следующие коды: $Сч_1$ – А, $Сч_2$ – М, $Сч_3$ – В, $Сч_4$ – N.

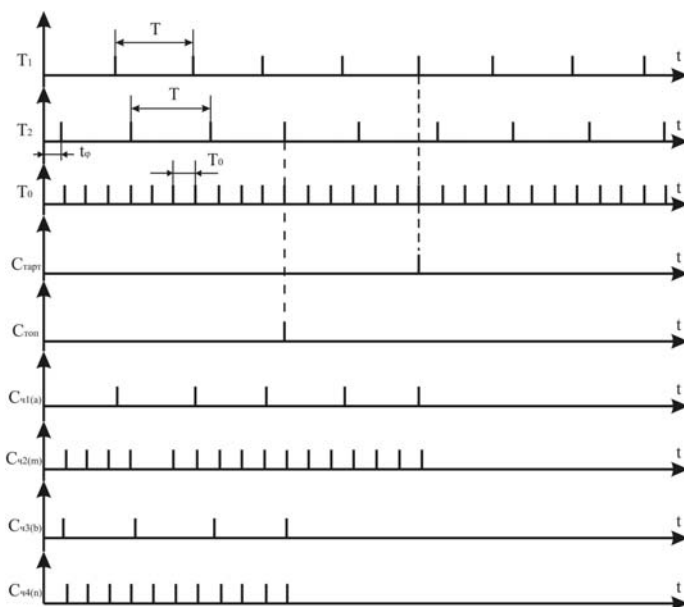


Рисунок 2 – Преобразование фазового сдвига на принципе совпадения регулярных импульсных последовательностей.

Временной интервал T может быть получен по показаниям счетчиков $Сч_1$ и $Сч_2$

$$T = \frac{M}{A} T_0 \quad (3)$$

Временной интервал, соответствующий фазовому сдвигу φ вычисляется

$$t_\varphi = \left[N - (B - 1) \frac{M}{A} \right] T_0 \quad (4)$$

Откуда сдвиг фаз φ равен

$$\varphi = \left(\frac{N \cdot A}{M} - B + 1 \right) 2\pi \quad (5)$$

Так как показания счетчика B – всегда целое число, то можно записать

$$\varphi = \text{Fr} \left[\frac{N \cdot A}{M} \right] 2\pi \quad (6)$$

где $\text{Fr} \left[\frac{N \cdot A}{M} \right]$ – дробная часть результата вычисления.

Таким образом, для определения сдвига фаз φ необходимо наличие трех счетчиков, а результат определяется как умножение дробной части выражения $\frac{N \cdot A}{M}$ на 2π или 6,28 рад.

Из рис.2 видно, что погрешность квантования в обычном ее понимании отсутствует, а погрешность преобразования временного интервала δt снижается в $\frac{T_0}{\tau}$ раз (где τ – длительность импульсов, участвующих в совпадении).

Рассмотрим математическую модель преобразования разности фаз, основанного на принципе совпадения регулярных импульсов последовательностей [5].

Всякая система осуществляет некоторое преобразование функций [6]. Следовательно, ей можно поставить в соответствие оператор закон, по которому осуществляется это преобразование.

Для цифрового прибора выходная функция (цифровой код)

$$A(t) = Lf(t) \quad (7)$$

где $f(t)$ – входная функция, L – оператор.

Известно, что процесс преобразования можно характеризовать как сравнение входной величины с принятой шкалой или единицей измерения [7,8], причем это сравнение производится путем определения отношения двух величин, т.е. сводится к операции деления [9]. На практике, при цифровом преобразовании фазы, в качестве этих величин выступают коды, полученные при квантовании отрезка времени t_ϕ , пропорционального фазе, и отрезка времени T , соответствующего некоторой эталонной разности фаз (например, периоду колебаний напряжения) [2], стандартной, известной величиной T_0 , т.е.

$$A = \frac{\frac{t_\phi}{T_0}}{\frac{T}{T_0}} C \quad (8)$$

где C – эталонная разность фаз.

То есть в общем случае обе величины t_ϕ и T оказываются неизвестными.

В формуле (8) для простоты дальнейших рассуждений предполагаем, что величины t_ϕ и T не зависят от времени.

Следовательно, в простейшем случае оператор системы цифрового преобразования фазы имеет вид

$$L = \begin{pmatrix} 1 \\ \frac{T_0}{T} \\ \frac{1}{T_0} \end{pmatrix} \quad (9)$$

где T_0 – постоянная величина, мера.

Отметим, что математическая модель воспроизводит подходящим образом выбранные стороны физической ситуации, если можно установить правила соответствия, связывающие специфические физические объекты и отношения с определенными математическими объектами и отношениями [10].

Поэтому рассмотрим (8) с несколько иных позиций. Очевидно, что t_ϕ , T и T_0 представляют собой скалярные величины. Любая же скалярная величина в физике является произведением числа и единицы измерения. Допустим, что t_ϕ и T известны и величины t_ϕ , T и T_0 заданы десятичными дробями. Эти дроби – конечные. Действи-

тельно, в соответствии с [11] информационная емкость аналоговой величины бесконечно велика, а конкретная запись ее значения конечна. Таким образом, производится округление бесконечной дроби.

Выберем в качестве единицы измерения ΔT величин t_ϕ , T и T_0 единицу младшего разряда того из чисел, у которого больше знаков после запятой. Разделим все три скаляра на эту единицу. Получим

$$a = \frac{t_\phi}{\Delta T}; b = \frac{T}{\Delta T}; m = \frac{T_0}{\Delta T} \quad (10)$$

Тогда

$$A = \frac{\frac{a}{\frac{m}{b}}}{m} \cdot C \quad (11)$$

В соответствии с уравнениями (10 и 11) числа a , b и m – целые натуральные.

Пусть a_i , b , m – целые положительные числа, причем b и m – вполне определенные взаимно простые числа, $m \neq b$, $0 \leq a_i \leq b$. Обязательно найдутся такие натуральные числа n_i , что при $a_i = 0, 1, 2, \dots, b$

$$a_i + bn_i \equiv 0 \pmod{m} \quad (12)$$

или

$$bn_i \equiv -a_i \pmod{m} \quad (13)$$

Действительно, из теории чисел известно, что сравнения вида (3) всегда имеют единственное решение при наибольшем общем делителе d чисел b и m , равном единице [12]. Причем, решением принято считать не отдельное число, а целый класс чисел по модулю m , удовлетворяющих данному сравнению, т.е. $n_i \pm km$, где $k = 0, 1, 2 \dots$

Если же $d > 1$, то при a_i , не делящемся на d , решений сравнения (3) нет.

Естественно, что при изменении a_i от 0 до b обязательно найдутся такие числа, которые не будут делиться на $d > 1$. Поэтому и принято, что m и b взаимно просты.

Известно, что решение сравнения (13) имеет вид

$$n_i \equiv -(-1)^{t-1} P_{t-1} a_i \pmod{m}, \quad (14)$$

где t – число подходящих дробей в разложении числа $\frac{m}{b}$ в непрерывную дробь; P_{t-1} – числитель предпоследней подходящей дроби.

Каждая такая дробь может быть найдена по формуле

$$\delta_k = \frac{P_k}{Q_k} = \frac{q_k P_{k-1} + P_{k-2}}{q_k Q_{k-1} + Q_{k-2}}, \quad (15)$$

где q_k – неполное частное, входящее в k -е уравнение алгоритма Эвклида, примененного к нахождению d числа $\frac{m}{b}$ (причем $2 \leq k \leq t$, $P_0=Q_1=1$, $Q_0=1$, $P_1=q_1$).

Наличие такого решения для каждого конкретного a_i означает, что существует такое целое число r_i , что

$$a_i + bn_i = r_i m \quad (16)$$

Очевидно, для решений $n_i \pm km$ числами, удовлетворяющими уравнению (16), будут $r_i \pm bmk$. Поскольку сравнения (3) относятся к различным классам вычетов по модулю m , а всего классов m , то ясно, что $n_i \leq m$. Тогда в соответствии с (4) имеем $r_i \leq b$.

В частном случае при $a_i=0$

$$bn_0 = r_0 m \quad (17)$$

Рассмотрим геометрическую интерпретацию приведенных уравнений. Отложим на трех параллельных числовых осях, нули которых расположены на одном перпендикуляре к ним, ряды чисел: на первой – $0, b, 2b, \dots$; на второй – $0, a_i, a_i + b, a_i + 2b, \dots$; на третьей – $0, m, 2m, \dots$ (рис.3). Тогда, исходя из сказанного, обязательно будут совпадающие точки на первой и третьей осях (соответственно $kn_0 b$ и $kr_0 m$), а также на второй и третьей ($a_i + kn_i b$ и $kr_i m$), причем это будет при любых $a_i=0, 1, 2, \dots, b$. Физически полученным последовательностям точек на числовых осях можно поставить в соответствие последовательности электрических импульсов (рис.4).

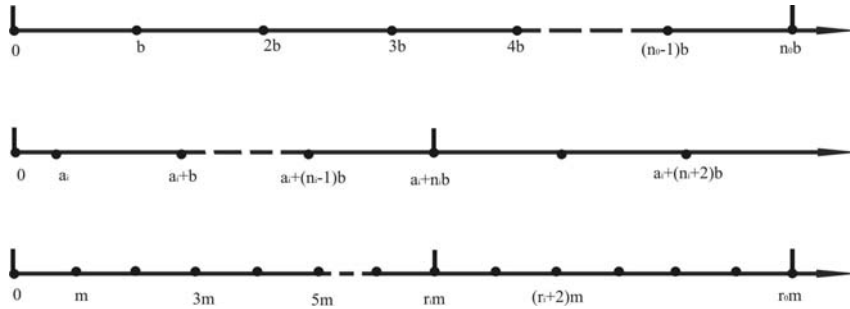


Рисунок 3 – Геометрическая интерпретация процесса совпадения.

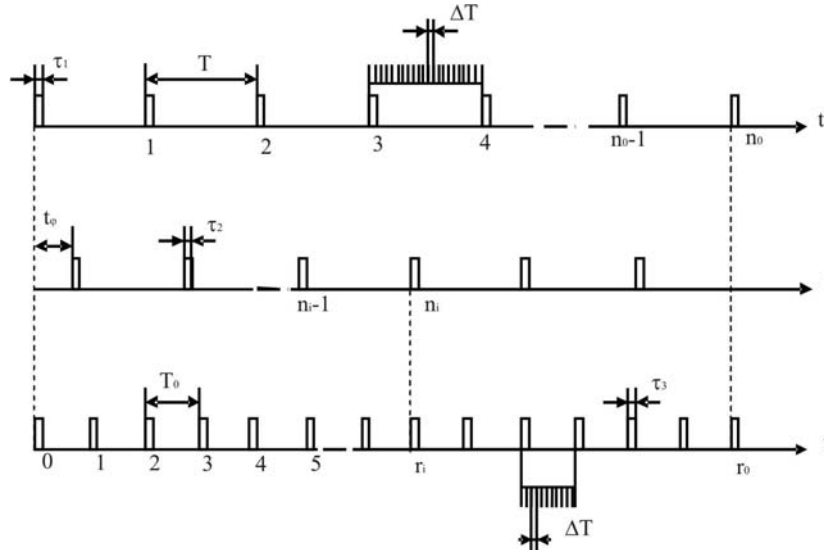


Рисунок 4 – Физическая реализация

Если в уравнении (8), в качестве C , выбран период колебаний напряжений, между которыми определяется сдвиг фаз, в качестве ΔT в (9) выбрано такое число, что числа m и b – взаимно простые, а a_i остается при этом целым числом, длительность τ_1 , τ_2 и τ_3 импульсов, формируемых из напряжений, между которыми определяется сдвиг фаз и изменение положения стандартной частоты (периоды следования которых соответственно равны T и T_0) близка к нулю ($\tau_1 \approx \tau_2 \approx \tau_3 \approx 0$), то такая физическая модель полностью отвечала бы математической.

Очевидно, если в качестве ΔT использовать величины $\leq \Delta T_0$, где ΔT_0 – абсолютная нестабильность периода T_0 ,

$$\Delta T_0 = |T_0 - T_0'| = \left| \frac{\pm \alpha_0}{f_0(1 \pm \alpha_0)} \right| \approx \left| \frac{\pm \alpha_0}{f_0} \right|, \quad (18)$$

(α_0 – относительная нестабильность частоты f_0), то хотя бы вследствие такой нестабильности числа m и b можно считать взаимно

простыми, чем и выполняется основное требование для решения сравнения (10).

Но в действительности вполне возможно, что a – нецелое число. Тогда сравнение (10) не будет иметь целочисленных решений, т.е. можно не получить совпадений импульсов сколь угодно долго.

Для того же чтобы обеспечить совпадения при любой фазе, длительность импульсов необходимо брать такой, чтобы $\tau + \tau_3 \geq \Delta_T$ (являющейся единицей измерения), где $\tau = \tau_1, \tau_2$. Из сказанного следует, что практически достаточно взять $\tau + \tau_3 \geq \Delta T_0$

Заметим, что при выборе длительности импульсов необходимо считаться и с тем фактом, что увеличение суммы $\tau + \tau_3$ снижает разрешающую способность и соответственно увеличивает погрешность преобразования фазы. Следовательно, с учетом математической модели цифрового преобразования фазы, необходимо получить совпадение двух пар импульсных последовательностей, в каждую из которых входит последовательность с периодом T_0 и одна из последовательностей с периодом T . Также необходимо между совпадениями любой пары подсчитать количество импульсов последовательностей, входящих в эту пару (n_0 и r_0), и количество импульсов последовательностей второй пары между совпадениями первой и второй пар (n_i и r_i).

Тогда, поскольку в соответствии с уравнениями (8), (11), (12)

$$T = \frac{b}{m} \cdot T_0 = \frac{r_0}{n_0} \cdot T_0 \quad (19)$$

и

$$t_\varphi = r_i T_0 - n_i T, \quad (20)$$

$$A - \frac{\left(r_i - \frac{r_0}{n_0} n_i \right)}{\frac{r_0}{n_0}} C, \quad (21)$$

т.е. при определении A значение периода T_0 можно и не знать. Очевидно, из-за конечной величины длительности импульсов и нецелостности a_i возможны как полные, так и частные совпадения, интервал между которыми в общем случае не является постоянным. Среднее его значение может быть определено по формуле:

$$T_{1,2} = \frac{T}{(\tau + \tau_3)f_C}, \quad (22)$$

которая взята из работы [13], где также подтверждается факт неизбежности совпадения импульсных последовательностей.

Выводы

Предложенная математическая модель цифрового преобразования фазы на принципе совпадения регулярных импульсных последовательностей полностью подходит для описанных в работе [1] методов преобразования координат объектов. Действительно, временной интервал между начальным сигналом, вырабатываемым чувствительным элементом, и отраженным от объекта сигналом зависит от положения объекта на плоскости или в пространстве и пропорционален сдвигу фаз между двумя регулярными импульсными последовательностями, образуемыми этими сигналами.

Таким образом, предложенная модель цифрового преобразования фазы на принципе совпадения регулярных импульсных последовательностей позволяет синтезировать устройство для преобразования координат объекта, погрешность квантования которого снижена до величины длительности импульсов в совпадающих последовательностях.

Отличительной особенностью устройств преобразования, использующих принцип совпадения регулярных импульсных последовательностей, является сохранение работоспособности при пропадании одного или нескольких отраженных от объекта сигналов. В этом случае увеличивается лишь общее время преобразования, но не искажается информация.

ЛИТЕРАТУРА

1. Применение лазерных устройств в локации и навигации. Сборник трудов конференции.(Евпатория 2007 г.)????.
2. Гитис Э.И. Преобразователи информации для электронных цифровых вычислительных устройств.-3-е изд., перераб. -М.: Энергия, 1975, -448 с., ил.
3. Орнатский П.П. Автоматические измерения и приборы. Учеб. Пособие для вузов.- 3-е изд. – Киев: вища школа, 1973.-552 с., ил.

4. Тырса В.Е. Снижение погрешности преобразования аналоговых величин в кодированный временной интервал.- Измерительная техника, 1975, №3, с.26-28.
5. Гнатюк В.И., Тырса В.Е. и др. Математическое описание цифрового измерения частоты и фазы, основанного на принципе совпадения регулярных импульсных последовательностей.- В кн.: Теория и автоматизация проектирования электрических цепей. Киев: Наукова думка, 1974, с. 206-212.
6. Пугачев В.С. Основы автоматического управления. Изд. 2-е испр. И доп. –М.: Наука, 1968.- 679 с.
7. Маликов М.Ф. Основы метрологии. Ч.1. Учение об измерении. -М.: Комитет по делам мер и измерительных приборов, 1949.-480с.
8. Новицкий П.В. Основы информационной теории измерительных устройств. -Л.: Энергия, 1968.-248с., ил.
9. Рыжевский А.Г., Шляндин В.М. Об общности методов аналого-цифрового преобразования. В кн.: Труды симпозиума/ Проблемы создания преобразователей информации/. –Киев, 1970, с.25-47.
10. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров. М.: Наука, 1970.- 720 с.
11. Хартли Р. Передача информации. В кн.: Теория информации и ее приложения. М.: Физматгиз, 1953, с.5-35.
12. Михелович М.Х. Теория чисел.- М.: Высшая школа, 1967.- 336 с.
13. Седакин Н.М. Элементы теории случайных импульсных потоков. – М.: Сов. радио, 1965. – 261 с., ил.

ПОДХОД К ПОСТРОЕНИЮ ОБОБЩЕННЫХ ОЦЕНОК ЭФФЕКТИВНОСТИ СЦЕНАРИЕВ

Построение обобщенной оценки эффективности сценариев является одной из важных задач сценарного анализа. На этапе разработки и проектирования сценария с помощью обобщенных оценок возможно будет характеризовать и эффективность сценария в целом так и эффективность отдельных элементов сценария.

В сценарном анализе эффективность - это комплексная характеристика потенциальных или реальных результатов использования сценария, разработки этапов сценария, выбора альтернативы, оценки развития сценария с учетом степени соответствия главным целям, а также другим видам количественных и качественных показателей, выявленных методами системного анализа при построении конкретных сценариев[1].

Основная особенность данной задачи определяется тем, что оценивается один многовариантный сценарий. Кроме того, для данного типа задач характерно, то, что многие показатели оценки эффективности оцениваются не только в количественных шкалах. Поэтому наиболее распространёнными способами получения оценок эффективности сценариев являются методы экспертного оценивания. При наличии построенного с помощью экспертов дерева сценариев, и критериев на отдельные сценарии и их этапы возникает задача построения агрегирующей функции оценок для получения обобщенной оценки качества и эффективности сценариев.

Наиболее распространена форма представления эффективности в виде вероятностной свертки, что является частным случаем (ветвью) обобщенной эффективности[2].

При оценке эффективности сценариев необходимо выделить и проанализировать основные функции сценариев, а именно: 1) функцию определения целей сценария; 2) функцию реализации сценария; 3) функцию анализа функционирования сценария; 4) функцию координации (включая регулирование, коррекцию планов); 5) функцию контроля.

Степень реализации этих функций и определяет эффективность сценариев. Решение проблемы эффективности связано с решением

трех видов задач, которые являются также основными видами задач системного анализа: задачей анализа эффективности функционирования (развития) сценария, проведения конкретного этапа сценария; задачей выбора из некоторого явно представленного конечного множества вариантов сценария и при принятии решений оптимального варианта, обладающего наибольшей потенциальной эффективностью; задачей системного и структурного синтеза сценариев, удовлетворяющего тем или другим требованиям эффективности (оптимальности)[5,6].

Необходимо отметить, что требуемый и реально достигаемый сценарием результаты могут различаться. Это зависит от условий функционирования сценария и способов достижения требуемых результатов. К основным факторам, влияющим на выбор показателей эффективности, относятся: решаемая задача, чувствительность показателей к различиям сравниваемых этапов сценария, их параметров, измеримость показателя, простота использования показателей, их интерпретируемость и др.. При этом критерии эффективности могут быть представлены либо в виде нормативов (стандартов), либо в виде целевых функций. В целом задачу оценки эффективности сценария можно представить как многокритериальную задачу принятия решений или задачу многокритериальной оптимизации.

Для решения данной многокритериальной задачи будем предполагать, что на ряду с оценками по каждому показателю известны наихудшие и наилучшие значения, которые будем отождествлять с гипотетическими противоположными сценариями — минимально эффективный сценарий с максимально эффективным сценарием по всем показателям эффективности функционирования. Под «максимально эффективным сценарием» здесь понимается идеальный сценарий, имеющий среди известных сценариев наилучшие оценки значений по всем показателям в многомерном пространстве, осями которого служат показатели, оценивающие эффективность функционирования. А под «минимально эффективным» (или «максимально неэффективным») сценарием будем понимать сценарий, имеющий среди известных наихудшие оценки значений по всем показателям в многомерном пространстве (не умаляя общности, отождествим лучшие оценки эффективности с максимальными значениями, а наихудшие с минимальными).

Экстремальные значения показателей идеального сценария можно рассматривать как ориентиры при достижении заданных глобальных

целей, к которым необходимо стремиться при выборе и реализации решений оцениваемого сценария.

Построение и выполнение сценария можно представить как многошаговый дискретный процесс принятия решений $u(t) \in B(U)$ в дискретные периоды времени t (месяц, квартал, год) на интервале времени $T = (t_0, t_1)$, где t_0 - начальный (базовый) период времени, t_1 - текущий период времени, U - множество решений, (U) - множество всех подмножеств (булеан) множества U .

С формальной точки зрения эффективность процесса построения и выполнения $u(t)$ сценария на интервале времени $T = (t_0, t_1)$ можно охарактеризовать векторным показателем:

$$F(u(t)) = (f_1(u_1(t)), f_2(u_2(t)), \dots, f_n(u_n(t))) \quad (1)$$

где $f_1, f_2, \dots, f_n$ - частные целевые показатели, характеризующие набор решений $u(t) = (u_1(t), u_2(t), \dots, u_n(t))$, принятых в t -й период времени.

Поскольку речь идет не о выборе оптимального набора решений, а рассматривается задача построения обобщенной оценки эффективности сценария, то в векторном показателе $f(u(t))$ (1) переменную $u(t)$, характеризующую набор решений, можно опустить. Эффективность процесса построения на интервале времени $T = (t_0, t_1)$ сложного сценария x_p будем оценивать множеством (вектором) частных оценок по k -му показателю через $y_p(t)$:

$$y_p(t) = (y^p_1(t), y^p_2(t), \dots, y^p_n(t)), t \in T = (t_0, t_1), \quad (2)$$

где $y^p_k(t) = f_k(x_p, t)$ - оценка эффективности x_p сценария по $f_k(t)$ показателю (X — исходное множество вариантов сценариев);

$K = \{f_1, f_2, \dots, f_n\}$ - множество показателей, характеризующих эффективность сценария;

$t \in T = (t_0, t_1)$ - временной интервал деятельности (t_0 - начальный (базовый) период времени, t_1 - текущий период времени).

В качестве оценок показателей эффективности «идеального сценария», как подчеркивалось выше, выступают наилучшие и наихудшие значения оценок из известных сценариев по всем показателям в многомерном пространстве, осями которого служат показатели, оценивающие эффективность:

$$y_M(t) = \{y^M_k(t) | y^M_k(t) = \max_{x_p \in X} y^p_k(t), \forall t \in T, k \in J_K\}, \quad (3)$$

$$y_m(t) = \{y_k^M(t) | y_k^m(t) = \min_{x_p \in X} y_k^p(t), \forall t \in T, k \in J_K\}. \quad (4)$$

Тогда построение обобщенной оценки эффективности сценария сведется к построению некоторой агрегирующей функции оценок $F_{\{f_k\}_{k \in J_K}}$, отображающей векторную оценку эффективности развития за t -й период времени $(y_1^p(t), y_2^p(t), \dots, y_N^p(t))$ по полному семейству целевых показателей f_k ($k \in J_K$) в обобщенную оценку $y_t^\Sigma(x_p)$:

$$F_{\{f_k\}_{k \in J_K}} : (y_1^p(t), y_2^p(t), \dots, y_N^p(t)) \rightarrow y_t^\Sigma(x_p), \quad (5)$$

где $y_k^p(t) \in [y_k^m(t), y_k^M(t)]$ - оценка эффективности развития сценария по f_k -му показателю за t -й период деятельности сценария.

Обобщая изложенное, представим подход к оценке эффективности сценария, который сводится к ряду последовательно решаемых частных задач, а именно:

1. Определение показателей эффективности элементов сценария (решения, альтернативы) и их представление в виде иерархического дерева важности критериев.

Группировка показателей производится исходя из сходства их содержания. После проведения группировки структура исходных показателей может быть представлена в виде иерархического дерева важности критериев, на основании которого производится агрегирование оценок или последовательное сужение множества Парето[3].

2. Формирование шкал для оценивания (измерения) альтернатив по каждому показателю.

Выбор шкал, а именно: количественных или ординарных (качественных) и измерение (оценивание) альтернатив - выполняется по концептуальным критериям (нижний уровень дерева).

Для количественных оценок при построении обобщенной оценки с применением прямых методов агрегирования и сужения ядра Парето альтернатив, возникает необходимость нормировать абсолютные значения количественных оценок альтернатив[3]. Простейшим способом нормализации критериальных функций $f_k(\cdot)$ ($k \in J_K$) с целью превращения их в безразмерные величины, если, например, по всем функциям осуществляется максимизация, является представление их в виде:

$$\frac{f_1(x_p)}{f_1^*}, \frac{f_2(x_p)}{f_2^*}, \dots, \frac{f_N(x_p)}{f_N^*} \quad (6)$$

где $f_k^* = \max. f_k(x_p)$ - максимальное значение k -го частного критерия; $X_{\text{я}} = \{X_1, \dots, X_p, \dots, X_N\}$ - исходное допустимое (конечное) множество альтернатив; $k \in J_K$ - индексное множество критериев; $|J_K| = N$ - число частных критериев.

При наличии оценок альтернатив, измеренных в разных шкалах (количественных и качественных) может возникнуть проблема построения единой количественной или качественной шкалы.

3. Получение точек множества эффективных решений (Парето).

Для нахождения множества Парето возможно применение ряда методов [3,4]. Так как мощность множества Парето часто сравнима с мощностью множества допустимых альтернатив, то для принятия окончательного решения необходимо осуществить процедуру выделения наилучшей альтернативы из множества эффективных.

4. Выделение наилучшей альтернативы методами агрегирования оценок альтернатив или методами последовательного сужения множества Парето.

Представленный подход к оценке обобщенной эффективности сценариев и их элементов позволяет осуществлять предварительное оценивание сценариев на этапе их разработки и проектирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Коваленко И.И., Гожий А.П. Системные технологии генерации и анализа сценариев: Монография. – Николаев: Изд-во НГГУ им. Петра Могилы, 2006. – 160с.
2. Корнеев В.П., Рамеев О.А. Методы оптимизации: методы решения многокритериальных задач.-М.:ИКСИ, 2007.-С. 380с.
3. Меркурьев В.В., Молдавский М.А. Семейство сверток векторного критерия для нахождения точек множества Парето // Автоматика и телемеханика. 1979. №1.
4. Подиновский В.В., Ногин В.Д. Парето-оптимальные решения многокритериальных задач.-М. Наука, 1982.-256 с.
5. Клир Дж. Системология. Автоматизация решения системных задач.-М. Радио и связь, 1990-544 с.
6. Алексеев О. Г. Комплексное применение методов дискретной оптимизации.-М.: Наука. 1987.-248 с.

ОСОБЛИВОСТІ УРАХУВАННЯ КОРЕЛЬОВАНИХ ПОМИЛОК ВИМІРЮВАНЬ ПРИ РЕКУРЕНТНІЙ ФІЛЬТРАЦІЇ

Постановка проблеми

У радіолокаційних станціях (РЛС) для обробки суміші сигналу із шумом і оцінки параметрів траєкторій об'єктів, використовуються рекурентні цифрові фільтри, що дозволяють одержувати помилки оцінок параметрів траєкторій істотно менше помилок виміру координат. Однієї зі складових сумарних помилок вимірів РЛС є корельовані помилки вимірювання (КПВ), обумовлені різними факторами [1-3]. Урахування такого роду помилок доцільно у високоточних радіолокаційних системах, коли флуктуаційні помилки і КПВ координат об'єкта порівнянні по величині [3,4]. Прикладом таких систем можуть служити бортові РЛС, положення яких у просторі визначається за даними інформації супутникових радіонавігаційних систем (наприклад, Global Positioning System (GPS)), розміщених на борту літака [5-7].

Аналіз публікацій

Для усунення КПВ можуть бути використані фільтри, синтезовані на основі методу максимальної правдоподібності які потребують нагромадження вимірювальної інформації за весь сеанс спостереження [2,3] або потребують розширення вектора оцінюваних параметрів [5-7], що робить такі фільтри важкими в реалізації або знижує якість їхнього функціонування.

Мета статті

Мета статті полягає в розробці фільтру вільного від недоліків, які вказані вище.

Виклад основного матеріалу

Формалізація задачі

Припустимо, що вимір $\mathbf{z}_n$ у момент часу t_n являє собою суперпозицію корисного сигналу і помилок:

$$\mathbf{z}_n = \mathbf{H}\mathbf{x}_n + \nu_n + \Delta\mathbf{b}_n f_n, \quad (1)$$

де $\mathbf{x}_n$ - вектор істинних значень координат, обумовлених параметрами руху цілі і часом t_n ; $\mathbf{V}_n$ - вектор некорельованих помилок виміру; $\Delta\mathbf{b}_n$ - випадковий вектор з нульовим середнім і заданою кореляційною матрицею; f_n - відома апріорі не випадкова функція часу; $\Delta\mathbf{b}_n f_n = \mathbf{b}_n$ - вектор корельованих помилок виміру координат цілі, що супроводжується; $\mathbf{H}$ - оператор відповідності вимірюваних і оцінюваних параметрів. При цьому

$$M[\mathbf{V}_n] = 0, \quad M[\mathbf{V}_n \mathbf{V}_n^T] = \mathbf{R}_n, \quad M[\mathbf{b}_n] = 0;$$

$$M[\mathbf{b}_n \mathbf{b}_n^T] = \mathbf{R}_{bn}, \quad M[\mathbf{b}_n f_n \mathbf{b}_n^T f_n] = \mathbf{R}_{bn} f_n^2.$$

Виміри (1) надходять на рекурентний фільтр, що реалізує операцію згладжування відповідно до виразів [4]

$$\mathbf{x}_{n/n-1} = \mathbf{F} \mathbf{x}_{n-1}, \quad (2)$$

$$\mathbf{P}_{n/n-1} = \mathbf{F} \mathbf{P}_{n-1} \mathbf{F}^T, \quad (3)$$

$$\mathbf{P}_n = (\mathbf{I} - \mathbf{K}_n \mathbf{H}) \mathbf{P}_{n/n-1} (\mathbf{I} - \mathbf{K}_n \mathbf{H})^T + \mathbf{K}_n \mathbf{R}_n \mathbf{K}_n^T, \quad (4)$$

$$\mathbf{x}_n = \mathbf{x}_{n/n-1} + \mathbf{K}_n (\mathbf{z}_n - \mathbf{H} \mathbf{x}_{n/n-1}). \quad (5)$$

Тут $\mathbf{x}_{n/n-1}$ - екстрапольований вектор оцінюваних параметрів; $\mathbf{F}$ - матриця екстраполяції; $\mathbf{x}_n$ - вектор параметрів, що оцінюються; $\mathbf{P}_n$ - кореляційна матриця помилок оцінок параметрів; $\mathbf{P}_{n/n-1}$ - екстрапольована матриця $\mathbf{P}_{n-1}$, $\mathbf{K}_n$ - матричний коефіцієнт підсилення фільтра, $\mathbf{I}$ - одинична матриця.

При проходженні через фільтр корельовані помилки формують додаткові параметри (помилки) траєкторії відповідно до виразу (5):

$$\Delta\mathbf{x}_{bn} = \Delta\mathbf{x}_{bn/n-1} + \mathbf{K}_n (\mathbf{b}_n - \mathbf{H} \Delta\mathbf{x}_{bn/n-1}). \quad (6)$$

Кореляційна матриця помилок оцінок параметрів траєкторії, викликаних КПВ, по визначенню дорівнює

$$\mathbf{P}_{bn} = M[\Delta\mathbf{x}_{bn} \Delta\mathbf{x}_{bn}^T]. \quad (7)$$

Підставивши значення $\Delta\mathbf{x}_{bn}$ з (6) в (7) і провівши перетворення, одержимо

$$\begin{aligned} \mathbf{P}_{bn} = & (\mathbf{I} - \mathbf{K}_n \mathbf{H}) \mathbf{P}_{bn/n-1} (\mathbf{I} - \mathbf{K}_n \mathbf{H})^T + (\mathbf{I} - \mathbf{K}_n \mathbf{H}) \mathbf{L}_n \mathbf{K}_n^T + \\ & + \mathbf{K}_n \mathbf{L}_n^T (\mathbf{I} - \mathbf{K}_n \mathbf{H})^T + \mathbf{K}_n \mathbf{R}_{bn} \mathbf{K}_n^T. \end{aligned} \quad (8)$$

де $\mathbf{L}_n = M[\Delta \mathbf{x}_{bn/n-1} \Delta \mathbf{x}_{bn}^T]$ – матриця коефіцієнтів кореляції між екстрапольованими параметрами, сформованими корельованими помилками, і КПВ у момент t_n ; $\mathbf{P}_{bn/n-1} = M[\Delta \mathbf{x}_{bn/n-1} \Delta \mathbf{x}_{bn/n-1}^T]$ – кореляційна матриця екстрапольованих помилок оцінок параметрів, обумовлених КПВ.

Повна помилка оцінок параметрів характеризується сумарною кореляційною матрицею

$$\mathbf{P}_{\Sigma n} = \mathbf{P}_n + \mathbf{P}_{bn}. \quad (9)$$

Очевидно, що оптимальний алгоритм рекурентного оцінювання параметрів траєкторії повинен забезпечити мінімальні сумарні помилки.

Синтез алгоритму оптимального оцінювання

Відповідно до поставленої задачі мінімізації сумарних помилок оцінювання, коефіцієнт підсилення фільтра повинен задовольняти умові

$$\mathbf{K}_n^* = \arg \min Sp(\mathbf{H} \mathbf{P}_{\Sigma n} \mathbf{H}^T). \quad (10)$$

Використовуючи вирази для матриць $\mathbf{P}_n$ і $\mathbf{P}_{bn}$ з (4) і (8), одержимо

$$\begin{aligned} \mathbf{H} \mathbf{P}_{\Sigma n} \mathbf{H}^T = & \mathbf{H} (\mathbf{I} - \mathbf{K}_n \mathbf{H}) \mathbf{P}_{n/n-1} (\mathbf{I} - \mathbf{K}_n \mathbf{H})^T \mathbf{H}^T + \\ & + \mathbf{H} \mathbf{K}_n \mathbf{R}_n \mathbf{K}_n^T \mathbf{H}^T + \mathbf{H} (\mathbf{I} - \mathbf{K}_n \mathbf{H}) \mathbf{P}_{bn/n-1} (\mathbf{I} - \mathbf{K}_n \mathbf{H})^T \mathbf{H}^T + \\ & + \mathbf{H} (\mathbf{I} - \mathbf{K}_n \mathbf{H}) \mathbf{L}_n \mathbf{K}_n^T \mathbf{H}^T + \mathbf{H} \mathbf{K}_n \mathbf{L}_n^T (\mathbf{I} - \mathbf{K}_n \mathbf{H})^T \mathbf{H}^T + \\ & \mathbf{H} \mathbf{K}_n \mathbf{R}_{bn} \mathbf{K}_n^T \mathbf{H}^T. \end{aligned} \quad (11)$$

Для визначення $\mathbf{K}_n^*$ відповідно до (10) знайдемо похідну Фреше [5] від (11) по $\mathbf{K}_n$ та дорівнюємо її до нуля:

$$\begin{aligned}
\left. \frac{\partial Sp(\mathbf{H}\mathbf{P}_{\Sigma_n}\mathbf{H}^T)}{\partial \mathbf{K}_n} \right|_{\mathbf{K}_n=\mathbf{K}_n^*} &= -\mathbf{H}^T \mathbf{H}\mathbf{P}_{n/n-1} \mathbf{H}^T + \\
&+ \mathbf{H}^T \mathbf{H}\mathbf{K}_n \mathbf{H}\mathbf{P}_{n/n-1} \mathbf{H}^T + \mathbf{H}^T \mathbf{H}\mathbf{K}_n \mathbf{R}_n - \\
&- \mathbf{H}^T \mathbf{H}\mathbf{P}_{bn/n-1} \mathbf{H}^T + \mathbf{H}^T \mathbf{H}\mathbf{K}_n \mathbf{H}\mathbf{P}_{bn/n-1} \mathbf{H}^T + \\
&+ \mathbf{H}^T \mathbf{H}\mathbf{K}_n \mathbf{R}_{bn} + \mathbf{H}^T \mathbf{H}\mathbf{L}_n - \mathbf{H}^T \mathbf{H}\mathbf{K}_n \mathbf{H}\mathbf{L}_n - \\
&- \mathbf{H}^T \mathbf{H}\mathbf{K}_n \mathbf{L}_n^T \mathbf{H}^T = \mathbf{0}.
\end{aligned} \tag{12}$$

Вирішивши (12) щодо коефіцієнта підсилення фільтра, одержимо

$$\begin{aligned}
\mathbf{K}_n^* &= (\mathbf{P}_{n/n-1} \mathbf{H}^T + \mathbf{P}_{bn/n-1} \mathbf{H}^T - \mathbf{L}_n) \times \\
&\times (\mathbf{H}\mathbf{P}_{n/n-1} \mathbf{H}^T + \mathbf{R}_n + \mathbf{H}\mathbf{P}_{bn/n-1} \mathbf{H}^T - \mathbf{R}_{bn} - \mathbf{H}\mathbf{L}_n - \mathbf{L}_n^T \mathbf{H}^T)^{-1}
\end{aligned} \tag{13}$$

Таким чином, рекурентний фільтр для оцінювання параметрів траєкторії цілі складається з наступних операцій:

$$\mathbf{x}_{n/n-1} = \mathbf{F}\mathbf{x}_{n-1}, \tag{14}$$

$$\mathbf{P}_{n/n-1} = \mathbf{F}\mathbf{P}_{n-1}\mathbf{F}^T, \tag{15}$$

$$\Delta \mathbf{x}_{bn/n-1} = \mathbf{F}\Delta \mathbf{x}_{bn-1}, \tag{16}$$

$$\mathbf{P}_{bn/n-1} = \mathbf{F}\mathbf{P}_{bn-1}\mathbf{F}^T, \tag{17}$$

$$\mathbf{L}_n = M[\Delta \mathbf{x}_{bn/n-1} \Delta \mathbf{x}_{bn}^T], \tag{18}$$

$$\begin{aligned}
\mathbf{K}_n &= (\mathbf{P}_{n/n-1} \mathbf{H}^T + \mathbf{P}_{bn/n-1} \mathbf{H}^T - \mathbf{L}_n) \times \\
&\times (\mathbf{H}\mathbf{P}_{n/n-1} \mathbf{H}^T + \mathbf{R}_n + \mathbf{H}\mathbf{P}_{bn/n-1} \mathbf{H}^T + \mathbf{R}_{bn} - \mathbf{H}\mathbf{L}_n - \mathbf{L}_n^T \mathbf{H}^T)^{-1},
\end{aligned} \tag{19}$$

$$\mathbf{x}_n = \mathbf{x}_{n/n-1} + \mathbf{K}_n(\mathbf{z}_n - \mathbf{H}\mathbf{x}_{n/n-1}), \tag{20}$$

$$\mathbf{P}_n = (\mathbf{I} - \mathbf{K}_n \mathbf{H})\mathbf{P}_{n/n-1}(\mathbf{I} - \mathbf{K}_n \mathbf{H})^T + \mathbf{K}_n \mathbf{R}_n \mathbf{K}_n^T, \tag{21}$$

$$\Delta \mathbf{x}_{bn} = \Delta \mathbf{x}_{bn/n-1} + \mathbf{K}_n(\mathbf{b}_n - \mathbf{H}\Delta \mathbf{x}_{bn/n-1}), \tag{22}$$

$$\begin{aligned}
\mathbf{P}_{bn} &= (\mathbf{I} - \mathbf{K}_n \mathbf{H})\mathbf{P}_{bn/n-1}(\mathbf{I} - \mathbf{K}_n \mathbf{H})^T + (\mathbf{I} - \mathbf{K}_n \mathbf{H})\mathbf{L}_n \mathbf{K}_n^T + \\
&+ \mathbf{K}_n \mathbf{L}_n^T (\mathbf{I} - \mathbf{K}_n \mathbf{H})^T + \mathbf{K}_n \mathbf{R}_{bn} \mathbf{K}_n^T.
\end{aligned} \tag{23}$$

У фільтрі (14)-(23) залишається визначити спосіб обчислення матриці коефіцієнтів кореляції $\mathbf{L}_n$ та вектора нев'язань $\mathbf{b}_n - \mathbf{H}\Delta\mathbf{x}_{bn}$.

При лінійній фільтрації справедливе співвідношення

$$\Delta\mathbf{x}_{bn} = \mathbf{B}_{n-1}\mathbf{b}^{(n-1)},$$

де $\mathbf{B}_{n-1}$ - матриця вагових коефіцієнтів; $\mathbf{b}^{(n-1)}$ - вектор з $n-1$ вимірів КПВ.

Нехай фільтрація проводиться по одній координаті r , тобто $R_{bn} = f^2(t_n)\sigma_{br}^2$ й $\mathbf{b}^{(n-1)} = \Delta r_b \mathbf{Q}_{n-1}$, де $\mathbf{Q}_{n-1} = \|f(t_1), f(t_2), \dots, f(t_{n-1})\|^T$. Тоді екстрапольований вектор параметрів можна записати у вигляді

$$\Delta\mathbf{x}_{bn/n-1} = \mathbf{B}_{n-1}\mathbf{Q}_{n-1}\Delta r_b = \mathbf{x}_{fn/n-1}\Delta r_b,$$

де $\mathbf{x}_{fn/n-1}$ - вектор помилок оцінок параметрів, сформованих за рахунок вибірки невинуваткової функції $f(t)$.

Тому що $\mathbf{b}_n = \Delta\mathbf{b}_n f_n = \Delta r_b f_n$, то маємо

$$\mathbf{L}_n = M[\mathbf{x}_{fn/n-1}\Delta r_b^2 f_n] = \mathbf{x}_{fn/n-1} f_n \sigma_{rb}^2.$$

Таким чином, розділяючи оцінки та виміри, можна записати

$$\Delta\mathbf{x}_{bn/n-1} = \mathbf{x}_{fn/n-1}\sigma_{rb}, \quad \mathbf{b}_n = \sigma_{rb} f_n.$$

Тоді формули (18) і (22) приймають вид

$$\mathbf{L}_n = \Delta\mathbf{x}_{bn/n-1} \mathbf{G}^T f_n,$$

де $\mathbf{G}$ - вектор середньоквадратичних значень амплітуди КПВ.

Результати дослідження фільтра

Для оцінки якості роботи запропонованого фільтра було проведено статистичне моделювання. На Рис. 1, 2 наведені графіки залежності середньоквадратичних помилок згладжування параметра r від числа вимірів n відносно середньоквадратичних помилок (СКП) некорельованих помилок, отримані за результатами 100 статистичних реалізацій.

Крива 1 отримана за результатами оцінювання звичайного фільтра Калмана, а крива 2 - синтезованого фільтра. Період відновлення інформації дорівнює $T_0 = 1$ с, СКП некорельованих помилок виміру координати r становить $\sigma = 1$ м, СКП КПВ $\sigma_m = 1$ м (рис. 1) і

$\sigma_m = 2$ м (рис. 2) При формуванні КПВ у якості не випадкової прийнята функція $f(t) = \sin(2\pi t / T_b)$, де T_b – інтервал кореляції КПВ. Інтервал оцінювання параметрів об'єкта дорівнює інтервалу кореляції КПВ $T_b = 60$ с.

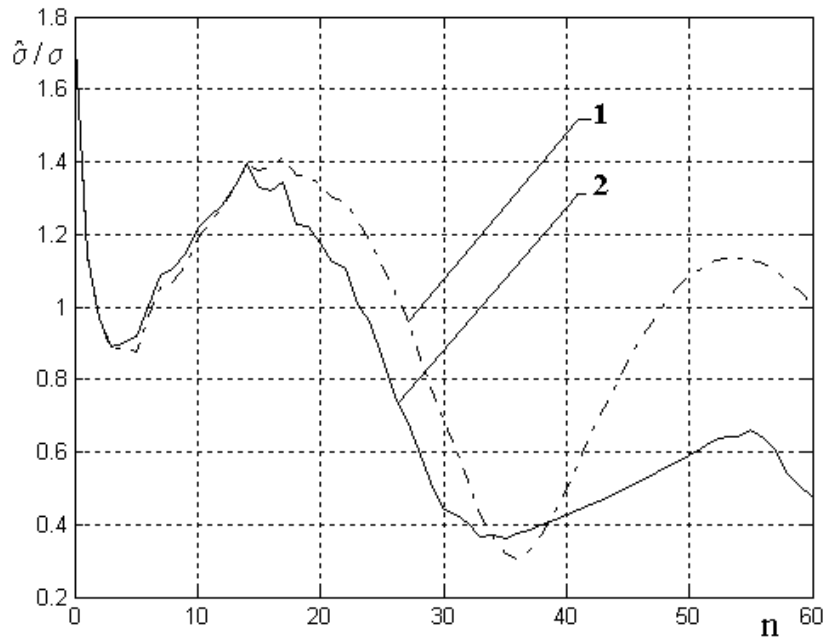


Рисунок 1 – Залежність середньоквадратичних помилок згладжування параметра r від числа вимірів n за результатами оцінювання звичайного фільтра Калмана

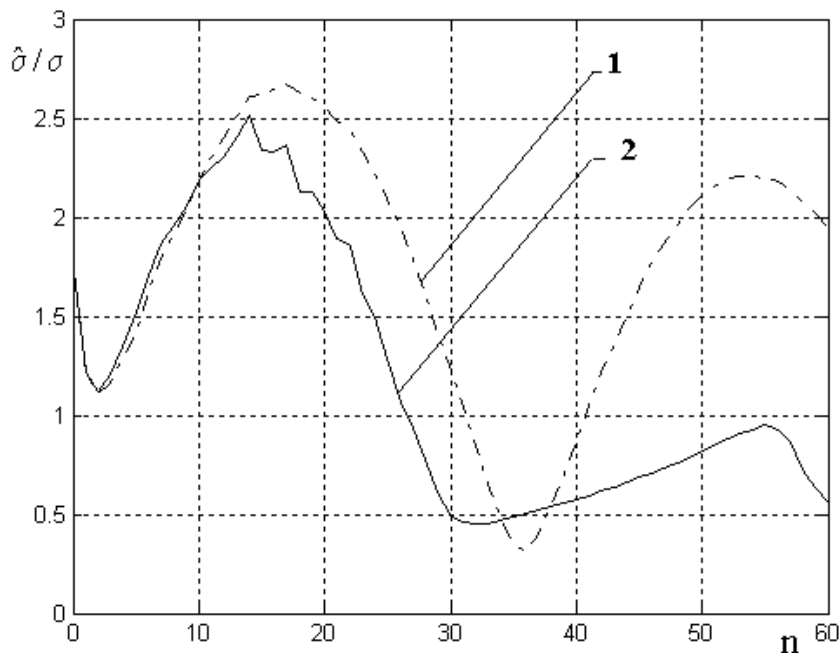


Рисунок 2 – Залежність середньоквадратичних помилок згладжування параметра r від числа вимірів n за результатами оцінювання синтезованого фільтра

Аналіз кривих рис.1,2 показав , що синтезований фільтр, дозволяє знизити помилки оцінювання параметра r у порівнянні зі звичайним калмановским фільтром до 2 разів при рівності СКП некорельованих помилок і КПВ та до 3,5 разів за умови, що СКП КПВ перевищують СКП некорельованих помилок у два рази.

Висновки

1. Проведено синтез рекурентного фільтра, що дозволяє врахувати присутні на його вході корельовані помилки вимірювань.

2. Результати моделювання показали, що залежно від співвідношення дисперсії некорельованих і корельованих помилок вимірів синтезований фільтр дозволяє знизити помилки оцінювання параметрів траєкторії об'єкта в порівнянні з фільтром Калмана в кілька разів.

ЛИТЕРАТУРА

1. Конторов Д.С, Голубев-Новожилов Ю.С. Введение в радиолокационную системотехнику.- М.: Сов. радио, 1971.- 367 с
2. Справочник по радиолокации. / Под ред. М.Сколника - М.: Сов. радио, 1978.-215с.
3. Жданюк Б.Ф. Основы статистической обработки траекторных измерений.- М.: Сов. радио, 1978.-387с.
4. Кузьмин С.З. Цифровая радиолокация. Введение в теорию. - Киев: КВЦ, 2000. -428 с.
5. Bar-Shalom Y. Mobile Radar Bias estimation Using Unknown Location Targets // Proc. of 3rd Int. Conf. on Information Fusion, Paris, France, July 10-13, 2000.
6. Bar-Shalom Y. Airborne GMTI Radar Position Bias Estimation Using Static-Rotator Targets of Opportunity // IEEE Trans. on AES. - April 2001. - Vol. 37, № 2. - P. 695-699.
7. Kastella K., Yeary B., Zadra T., Brouillard R., Frangione E. Bias Modelling and Estimation for GMTI Applications // Proc. of 3rd Int. Conf. on Information Fusion, Paris, France, July 10-13, 2000.
8. Эдвардс Р. Функциональный анализ.- М.: Мир, 1967.- 521с.

МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ ФРАКТАЛЬНЫХ НАНОПЛЕНОК

Введение. Интерес к фрактальным наноразмерным пленкам связан с их физическими свойствами, которые существенно отличаются для твердых тел с кристаллической или аморфной структурой. Для получения нанопленок металла традиционно используется метод CVD (химическое паровое осаждение вещества) в котором исходное вещество испаряется в отдельной камере, переносится через газовую среду и осаждается на подложку [1]. Под синтезом кластеров в газовой среде понимаются процессы, при которых кластер формируется из газовой фазы до своего размещения на некоторой поверхности.

Постановка задачи. Одной из типичных задач молекулярной динамики в неравновесных условиях при осаждении наноматериалов по CVD-технологии из газовой фазы методом активирования излучением газоразрядных электронных пушек является моделирование процесса диссоциации двухатомной молекулы [2]. Примером классической динамической модели межмолекулярных взаимодействий в этом случае служит модель, заданная в гамильтоновой форме.

$$H = \frac{p^2}{2m} + E(r), \quad (1)$$

где m – масса молекулы, E – потенциал межатомного взаимодействия, r и p – векторы обобщенных координат и обобщенных импульсов, образующие обобщенный вектор состояния x .

Решение задачи. Рассмотрим межатомное взаимодействие в виде потенциала Морзе

$$E = D(1 - \exp(-a\Delta r))^2, \quad (2)$$

где D и a – константы, $\Delta r = r - r_0$ – смещение атома относительно положения равновесия.

Уравнение рассматриваемой системы в форме Лагранжа будет иметь вид

$$m\ddot{r} = 2aD(\exp(-2a\Delta r) - \exp(-a\Delta r)). \quad (3)$$

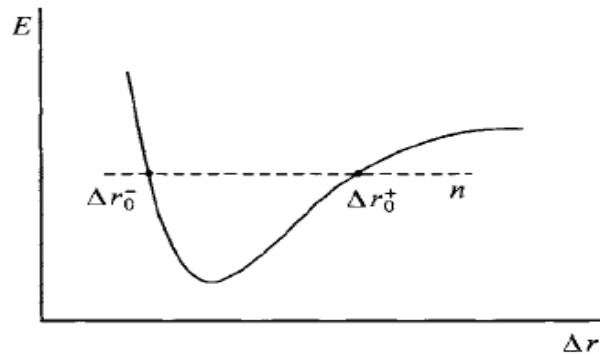


Рисунок 1 – Потенциал Морзе (горизонтальная линия n определяет уровень межатомного взаимодействия, а Δr_0^+ и Δr_0^- – экстремальные смещения относительно положения равновесия).

Уровень межатомного взаимодействия n для потенциала Морзе может быть представлен в виде

$$H_n = \frac{1}{2}(p^2 + q^2), \quad (4)$$

где (p, q) – обобщенные координаты.

Предположим, что $p=0$, тогда смещение Δr достигает экстремальных значений Δr_0^+ и Δr_0^- . Их отношения с q , как показано ниже, будут определяться значениями D и a для потенциала Морзе в терминах спектроскопии.

Отношение Δr_0 и q определяется

$$\Delta r_0 = a^{-1} \ln((1 - (1 - \lambda^2)^{\frac{1}{2}} \operatorname{sgn})) , \quad (5)$$

где при $q < 0$ $\operatorname{sgn}=1$ и $\Delta r_0 = \Delta r_0^-$, а при $q > 0$ $\operatorname{sgn}=-1$ и $\Delta r_0 = \Delta r_0^+$.

Из выражения (5) имеем

$$(1 - \exp(-a\Delta r_0))^2 = 1 - \lambda^2 . \quad (6)$$

Это значит, что значение потенциала Морзе на уровне n равно

$$E_n = D(1 - \lambda^2) . \quad (7)$$

Между тем, при значении $p=0$ (экстремальное значение смещения Δr) следует, что $q^2=2n$ т.е. выполняется условие

$$\lambda = 1 - \frac{(2n+1)}{k} , \quad (8)$$

где k параметр.

Теперь рассмотрим состояние с уровнем взаимодействия n . Из выражения (8) следует

$$D(1 - \lambda^2) = \left(\frac{4D}{k}\right)\left(n + \frac{1}{2}\right) - \left(\frac{4D}{k^2}\right)\left(n + \frac{1}{2}\right)^2 \quad (9)$$

Заметим, что $D(1-\lambda^2)$ является потенциалом для экстремального смещения, при котором $p=0$ и, таким образом, кинетическая энергия так же равна нулю. Следовательно, $D(1-\lambda^2)$ будет значением полной энергии в состоянии n . При этом целые значения $n = 0, 1, 2, 3, \dots$ являются квантовыми числами, а $D(1-\lambda_n^2)$ - уровнями энергии. Правая часть выражения (9) показывает, что (9) это осциллятор с нелинейным коэффициентом второго порядка $-4D/k^2$ и линейным коэффициентом $4D/k$, определяющим частоту гармонических колебаний.

Таким образом, колебания в модели двухатомной молекулы с межатомным взаимодействием в виде потенциала Морзе является системой второго порядка ангармоничности.

В спектроскопии обычно обозначают уровни энергии E_n межатомного взаимодействия как

$$E_n = \omega(n + 1/2) + X(n + 1/2)^2 \quad (10)$$

Следовательно, для потенциала Морзе

$$\omega = 4D/k, \quad X = -4D/k^2 \quad (11)$$

Или

$$k = \omega/(-X), \quad D = (\omega/2)^2/(-X) \quad (12)$$

Таким образом получены выражения связывающие параметры Морзе D и K с спектроскопическими параметрами X и ω .

Энергетическое пространство между двумя ближайшими соседними уровнями энергии уменьшается при увеличении значения n . Когда это пространство равно нулю межатомные связи разрываются и молекула диссоциирует. Такая ситуация связана с возникновением в системе хаотических колебаний.

Обозначим квантовое число n_0 для случая диссоциации. Тогда

$$E_{n_0+1} - E_{n_0} = 0. \quad (13)$$

Из выражения (13) с учетом (10)-(11) имеем

$$\omega + X(2n_0 + 2) = 0 \quad (14)$$

или

$$n_0 = 1/2(\omega/(-X))^{-1} \approx k/2 \quad (15)$$

Следовательно k , есть удвоенное квантовое число диссоциации, которое может быть получено из спектроскопических параметров X и ω .

Окончательно отметим, что

$$a = \omega \sqrt{\frac{\mu}{2D}} = \sqrt{-2X\mu} \quad (16)$$

где μ приведенная масса двухатомной молекулы.

Подставив значение

$$n_0 = \frac{1}{2}(\omega/(-X))^{-1} \quad (17)$$

в выражение (13) можно определить энергию диссоциации

$$E_0 = (\omega^2 - X^2) / (-4X) \approx D \quad (18)$$

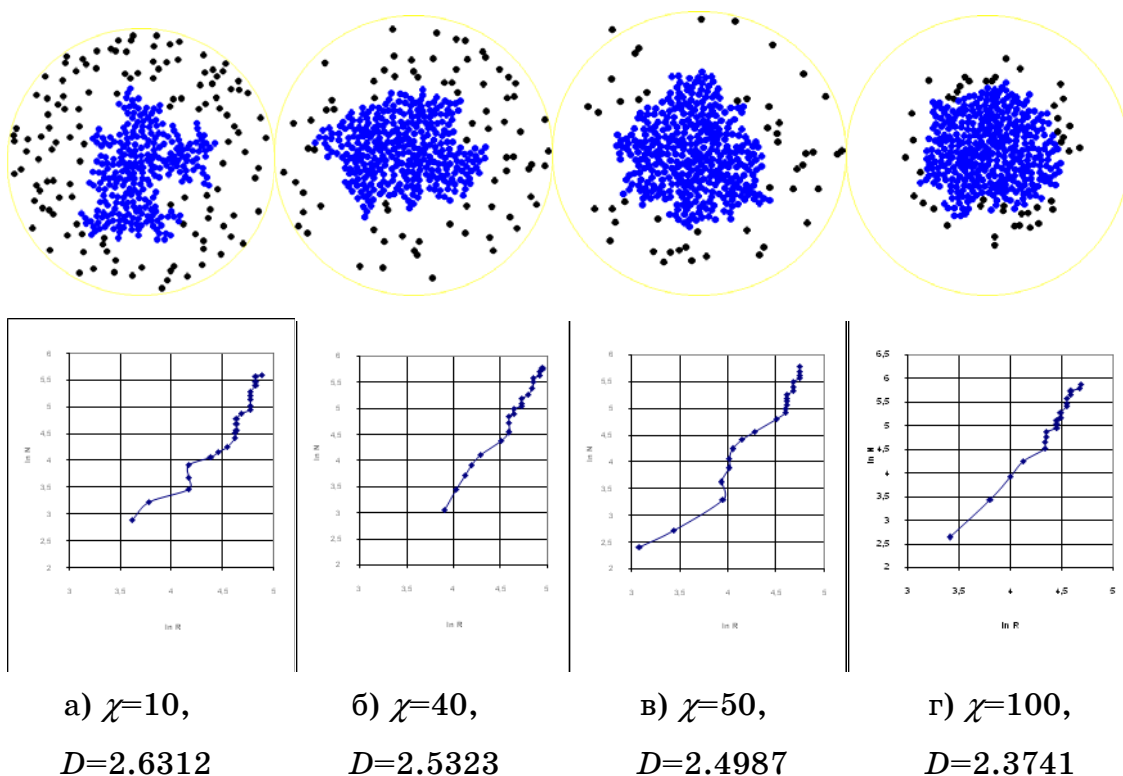


Рисунок 2 – Влияние коэффициента диффузии χ на фрактальную размерность кластера D

Выводы. В разработанную программу моделирования процесса формирования кластеров [3] была введена процедура, учитывающая уровень диссоциации кластерного образования. Это дало возможность сделать процесс формирования кластера обратимым, т.е. многократно повторять процессы плавления и затвердевания. Генерируемые в этом случае последовательности кластеров имели визуально различную

форму, однако, значения их фрактальной размерности совпали, что связано с одинаковыми условиями их формирования [4].

ЛИТЕРАТУРА

1. Суздалев И.П. Нанотехнология: физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов. М.: Наука, 2006. 592 с.
2. Wu G. Nonlinearity and chaos in molecular vibration. Amsterdam. Elsevier, 2005, P.375.
3. Mikhalyov A. I., Gasik M. I., Vlasova T. E., Projdak Yu. S. Computer Modeling of Grain's Growth at Sintering Nano-Materials// 6-th International Symposium of Croatian Metallurgical Society Materials and Metallurgy. – Metallurgy. –Vol. 43. N 3, 2004. - P. 214.
4. Деревянко А.И., Ватченко Е.Н., Квятковский А.Е. Модель формирования фрактальной структуры// «Интеллектуальные системы принятия решений и проблемы вычислительного интеллекта». Евпатория. 2007. с.27-32.

ПРОСТОРОВЕ МОДЕЛЮВАННЯ АТЕВ-ФУНКЦІЙ**Вступ**

Великий інтерес представляє моделювання нелінійних систем, які описуються диференціальними рівняннями, отриманих методом усереднення з нелінійної механіки. Такі диференціальні рівняння описують консервативні коливні системи без тертя, нелінійні автономні коливні системи з одним ступенем свободи, та системи, що взаємодіють з джерелом енергії [1].

Застосування Ateb-функцій для побудови розв'язків певних класів істотно нелінійних диференціальних рівнянь представлено у роботах [2-4]. Розроблені аналітичні методи їх дослідження є складними, отримані аналітичні співвідношення у застосуванні до моделювання потребують спеціального інструментарію для їх обчислення. Для керування динамічними процесами в істотно нелінійних коливних системах з одним ступенем вільності необхідно отримати чисельні значення розв'язків з високою точністю. Нами у роботах [5,6] розроблено алгоритми та методи обрахунку значень розв'язків, знайдених аналітично у [2-4], з довільною потрібною точністю.

У даній роботі продовжено дослідження і промодельовано поведінку Ateb-функцій у залежності від зміни їх параметрів. Спеціальну увагу зосереджено на моделюванні періоду для періодичних Ateb-функцій та області визначення для аперіодичних Ateb-функцій.

Диференціальні рівняння, розв'язні з допомогою Ateb-функцій

Динамічні процеси в нелінійних коливних системах описуються за допомогою системи диференціальних рівнянь із степеневою нелінійністю вигляду [3]:

$$\begin{cases} \dot{x} + \beta y^m = 0 \\ \dot{y} + \alpha x^n = 0 \end{cases} \quad (1)$$

де α, β - деякі дійсні сталі, а

$$n = \frac{2\theta'_1 + 1}{2\theta''_1 + 1}, \quad m = \frac{2\theta'_2 + 1}{2\theta''_2 + 1}, \quad (\theta'_1, \theta''_1, \theta'_2, \theta''_2 = 0, 1, 2, \dots) \quad (2)$$

Розглянемо два випадки, а саме

$$p = \frac{1}{n+1}, \quad q = \frac{1}{m+1}; \quad (3)$$

$$p = \frac{1}{n+1}, \quad q = \frac{m}{m+1} - \frac{1}{n+1}, \quad (4)$$

де m і n визначаються формулами (2).

Для знаходження розв'язків системи (1) використовуються Beta-функції та Ateb-функції [4], що є оберненими функціями до Beta-функцій.

Система (1), якщо m, n задовільняє співвідношення (3), описує коливальний рух, а, якщо m, n задовільняє співвідношення (4), – гіперболічний (аперіодичний) рух. Відповідно Ateb-функції, побудовані для значень (3), прийнято називати періодичними, а для значень (4) – гіперболічними (аперіодичними) Ateb-функціями [3].

Якщо $m = 1$, а n заданий (2) (відповідає випадку гіперболічності), то систему (1) можна привести до вигляду

$$\ddot{x} + c|x| \cdot x^{\theta-1} = 0 \quad (5)$$

де θ залежить від параметрів θ'_1, θ'_2 з (2).

Побудова поверхонь Ateb-функцій

В даній праці досліджується поведінка Ateb-функцій залежно від параметрів m, n . Аперіодичні Ateb-функції $v = sha(n, m, \omega)$ і $u = cha(m, n, \omega)$ є оберненням інтегралів

$$\frac{n+1}{2} \int_0^{0 \leq v \leq \infty} \frac{d\bar{v}}{(1 + \bar{v}^{n+1})^{\frac{m}{m+1}}} = \omega, \quad \frac{m+1}{2} \int_1^{1 \leq u \leq \infty} \frac{d\bar{u}}{(\bar{u}^{m+1} - 1)^{\frac{n}{n+1}}} = \omega, \quad (6)$$

де ω - незалежна змінна $(-\infty \leq \omega \leq \infty)$, а m і n – параметри.

Функції $sha(n, m, \omega)$ і $cha(m, n, \omega)$ відносно ω - $2\Pi'(m, n)$ -

періодичні, де $2\Pi' = B(\frac{1}{n+1}, \frac{m}{m+1} - \frac{1}{n+1})$ - Beta-функція. Величина

$\Pi'(m, n)$ для всіх значень m і n скінченна і неперервна, за виключенням значень, що задовільняють нерівність

$$\frac{m}{m+1} - \frac{1}{n+1} \leq 0 \quad (7)$$

при яких $\Pi'(m, n)$ перетворюється в безмежність. Умова (7) відповідає умові гіперболічності (4).

Розглянемо функції

$$\hat{O}_1(w, v) = w - \frac{n+1}{2} \int_0^v \frac{d\bar{v}}{(1+\bar{v}^{n+1})^{\frac{m}{m+1}}} \quad (8)$$

$$\hat{O}_2(w, u) = w - w_0 - \frac{m+1}{2} \int_1^u \frac{\frac{n(m+1)}{\bar{u}^{n+1}} d\bar{u}}{\left(1 - \frac{1}{\bar{u}^{m+1}}\right)^{\frac{n}{n+1}}} \quad (9)$$

де

$$w_0 = \frac{n+1}{2} \int_0^1 \frac{d\bar{v}}{(1+\bar{v}^{n+1})^{\frac{m}{m+1}}} \quad (10)$$

Вираз (10) відповідає гіперболічному виду функцій. Побудовано залежності виразу w_0 , заданого формулою (11), від зміни параметрів n, m при

$$0 < n < 1, \quad 0 < m < 1.$$

Для цього обчислено значення w_0 при зміні n, m з кроком 0,1 і побудовано поверхню, представлену на рис.1.

Введемо позначення

$$\Pi^* = \frac{1}{2} \int_0^1 t^{-\frac{n}{n+1}} (1-t)^{-\left(\frac{1}{m+1} + \frac{1}{n+1}\right)} dt \quad (11)$$

Оскільки розглядаємо аперіодичні Ateb-функції, то виконуються умова гіперболічності (4) або (7), при якій Π^* перетворюється у нескінченність [2, 3, 4]. Для всіх решта значень n, m величина Π^* скінченна. Також (11) можна представити у вигляді

$$2\Pi^*(m,n) = B\left(\frac{1}{n+1}, \frac{m}{m+1} - \frac{1}{n+1}\right) = \frac{2\Gamma\left(\frac{1}{m+1}\right)\Gamma\left(1-(2+m+n)\left(\frac{1}{m+1}\right)\left(\frac{1}{n+1}\right)\right)}{\Gamma(n(m+1))} \quad (12)$$

де $B\left(\frac{1}{n+1}, \frac{m}{m+1} - \frac{1}{n+1}\right)$ - числові значення повної Beta-функції, а $2\Gamma\left(\frac{1}{m+1}\right), \Gamma\left(1-(2+m+n)\left(\frac{1}{m+1}\right)\left(\frac{1}{n+1}\right)\right), \Gamma(n(m+1))$ - значення повної Гама-функції.

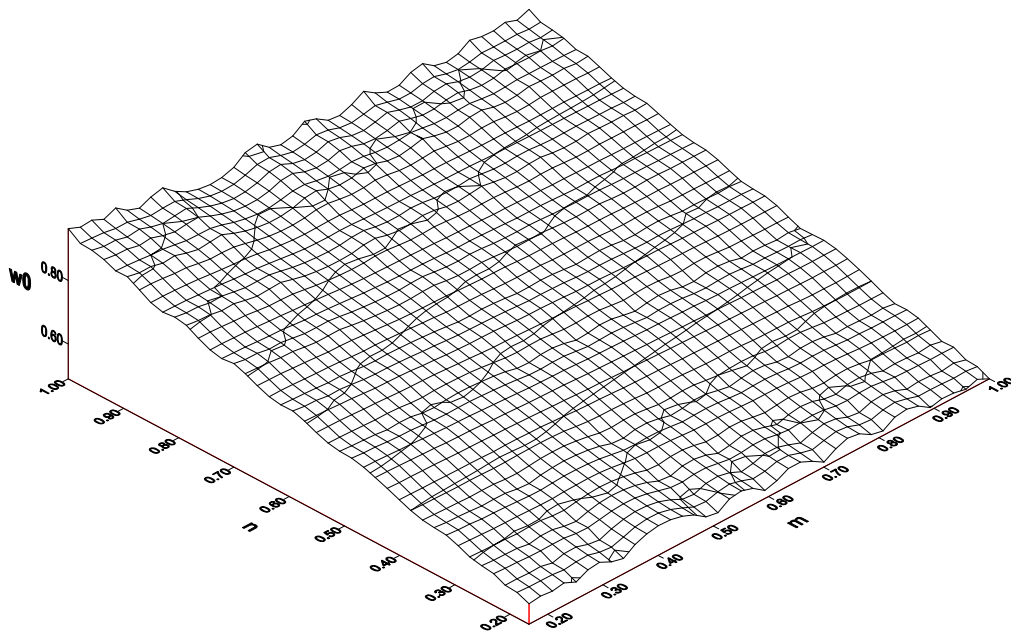


Рисунок 1 – Поверхня значень ω_0 при зміні n, m з кроком 0,1

Тоді для проміжку $0 \leq V \leq \infty$ отримуємо,

$$\frac{n+1}{2} \int_0^{0 \leq v \leq \infty} \frac{d\bar{v}}{(1+\bar{v}^{n+1})^{\frac{m}{m+1}}} = \omega, \quad \text{якщо} \quad \begin{cases} 0 \leq \omega \leq \Pi^* \\ 0 \leq v \leq \infty \end{cases}, \quad (13)$$

що відповідає формулі (8). Враховуючи непарність функції $sha(n, m, \omega)$ відносно ω , впливає, що вона є оберненням інтегралу (11) на проміжку $[-\Pi^*, \Pi^*]$.

Обчислено значення Π^* при зміні n, m з кроком 0,1 і побудовано поверхню, представлену на рис.2.

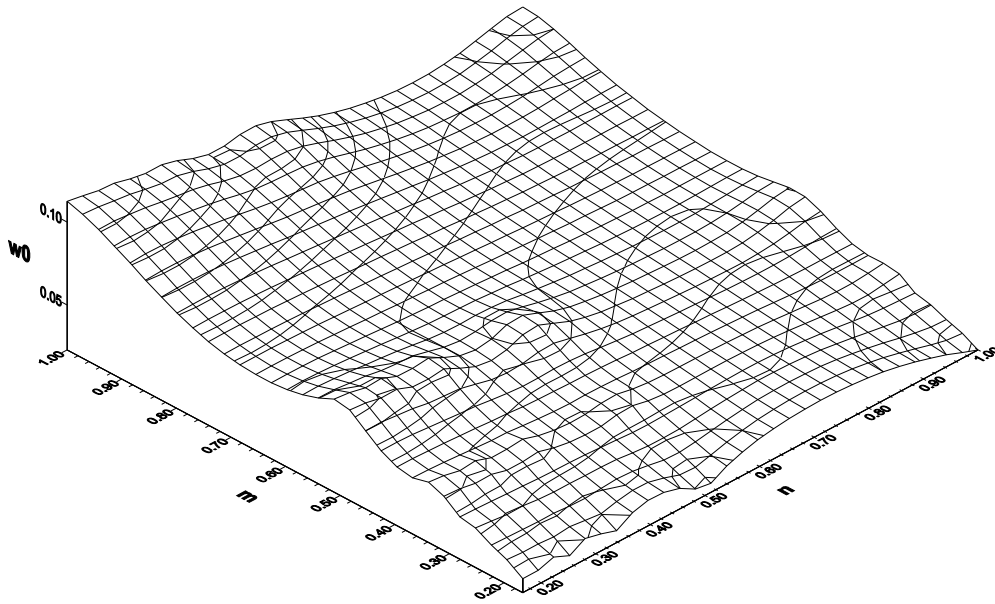


Рисунок 2 – Поверхня функції $P^*(m, n)$ в залежності від параметрів m і n

Теорія періодичних Ateb-функцій разом із використанням сучасних обчислювальних технологій дає потужний апарат для імітаційного моделювання та керування динамічними процесами істотно нелінійних систем. Знайдені розв'язки описують динамічні процеси у нелінійних коливних системах і можуть бути застосовані для керування у бурових установках нафтових промислів, вентиляційних каналах шахт, трубопроводах з метою діагностики та прогнозування їхньої поведінки.

Алгоритм обчислення числа π на основі Ateb-функцій

При $m = n = 1$ Ateb-функції співпадають з тригонометричними і гіперболічними функціями. Мають місце формули

$$[\text{cha}(m, n, \omega)]^{m+1} - [\text{sha}(n, m, \omega)]^{n+1} = 1 \quad (14)$$

$$[\text{cha}(m, n, \omega)]^{m+1} + [\text{sha}(n, m, \omega)]^{n+1} = 1 \quad ,$$

що є аналогами основних тотожностей для тригонометричних та гіперболічних функцій.

Теорія Ateb-функцій дозволяє знайти число π з будь-якою потрібною точністю. Відомо [7], що наближене значення числа

$$\pi = 3,1415926535897932384626433832795. \quad (15)$$

Представимо метод обчислення числа π на основі Ateb-функцій. Метод базується на доведеному в [3] положенні, що при параметрах $m=1$, $n=1$ Ateb-функції перетворюються у звичайні тригонометричні функції. Отже для обчислення числа π можна використати формулу періоду Ateb-функції у вигляді (11) та (12).

З формули (11) при $m=1$, $n=1$ отримаємо

$$\pi = \frac{1}{2} \int_0^1 t^{-\frac{1}{2}} (1-t)^{-1} dt. \quad (16)$$

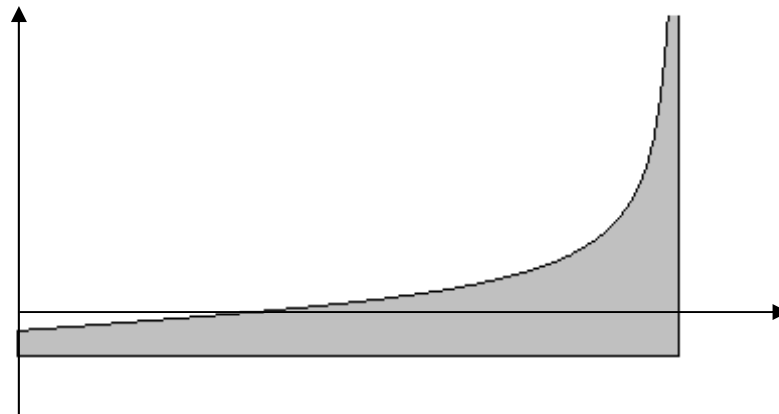
Цей інтеграл є невластивим інтегралом другого роду, оскільки підінтегральна функція прямує до нескінченості, що показано на рис. 3.

З формул (12) при $m=1$, $n=1$ випливає

$$2\Pi^*(m, n) = B\left(\frac{1}{2}, 0\right) = \frac{2\Gamma\left(\frac{1}{2}\right)\Gamma(0)}{\Gamma(2)} \quad (17)$$

Значення числа π відповідає площі нескінченної криволінійної трапеції, заштрихованої на рис. 3. Для обчислення використовуємо формулу (16) та обчислюємо цей інтеграл чисельними методами. Для порівняння отриманих результатів використовуємо формулу (17). Для обчислення похибки за точне значення π беремо вираз (15). Обчислення інтегралів здійснюється відомими методами прямокутників, парабол, Монте-Карло [8]. Трудність обчислення полягає у невластивості обчислюваного інтегралу. Застосування одного з відомих методів не дає потрібної точності. Для отримання кращої точності обчислень при моделюванні було застосовано комбінації цих методів.

Опишемо алгоритм моделювання. Для обчислення інтегралу проміжок $[0;1]$ розбивається на декілька підпроміжків: $[0;1] = [0;\alpha] \cup [\alpha;1]$, де $0.8 \leq \alpha < 1$. Очевидно, що невластивість інтегралу зберігається на проміжку $[\alpha;1]$. Тому для досягнення потрібної точності обчислень на цьому проміжку кількість ітерацій зростає у тисячі разів.



Висновки

Представлено систему диференціальних рівнянь зі степеневою нелінійністю, що описує динамічні процеси в складних системах.

Розроблено алгоритми для знаходження розв'язків вказаної системи у вигляді Ateb-функцій. Розглянуто періодичні та аперіодичні Ateb-функції.

Промодельовано поведінку Ateb-функцій з різними показниками нелінійності. Складність обчислень полягає в одночасному використанні методів наближеного обчислення інтегралу та пошуку нульового значення функцій заданих неявно.

Побудовані поверхні шуканих розв'язків у вигляді Ateb-функцій.

Показано, що у граничному випадку Ateb-функції співпадають зі звичайними тригонометричними і гіперболічними функціями. Для ілюстрації побудовано алгоритм обчислення числа π на основі представленої теорії.

Результати обчислень можуть бути використані в задачах управління з метою прогнозування та діагностики поведінки складних систем.

ЛІТЕРАТУРА

1. Боголюбов Н. Н., Митропольский Ю. А. Асимптотические методы в теории нелинейных колебаний. — М.: Наука, 1974. — 503 с.
2. Сокіл Б. І. Про асимптотичні наближення розв'язку для одного нелінійного неавтономного рівняння // Укр. мат. журнал. — 1997. — 49, № 11. — С. 1580-1583.

3. Возний А. М. Застосування Ateb-функцій для побудови розв'язку одного класу істотно нелінійних диференціальних рівнянь. — Доп. АН УРСР. Сер. А. — 1970. — № 9. — С. 971-974.
4. Сеник П. М. Обращение неполной Beta-функции. — Укр. мат. журн. — 1969. — Т. 21, № 3. — С. 325-333.
5. Грицик В.В., Назаркевич М.А. Математичні моделі алгоритмів і реалізація Ateb-функцій Доповіді НАН України, м.Київ, 2007, № 12. С. 37 – 43.
6. І.М.Дронюк, М.А.Назаркевич До розв'язування одного класу звичайних нелінійних диференціальних рівнянь//Фізико-технічне моделювання та інформаційні технології. – Львів. Науковий збірник.№ 6. 2007. С. 136-140.
7. wikipedia
8. Цегелик Г.Г. Чисельні методи// Львів: Вид.ЛНУ ім.І.Франка, 2004.-408 с.

О ПРИМЕНЕНИИ НЕЧЕТКИХ МОДЕЛЕЙ В ЗАДАЧЕ ИДЕНТИФИКАЦИИ СЛЕДА ПЕРА

Введение

Наиболее распространенным решением проблемы защиты информации от несанкционированного доступа в настоящее время является система логина и пароля. Недостатки этой системы становятся очевидными для пользователей при взломе пароля или в случае его утери. Поэтому за последнее время широкое развитие получили биометрические технологии, использующие в качестве идентификатора врожденные особенности человека [1]. Причем, наиболее перспективным направлением является динамический метод идентификации по почерку [2,3], поскольку он не требует использования дорогостоящего, хрупкого или редкого оборудования, а также позволяет при необходимости выполнять быструю смену образца для идентификации.

Постановка задачи

Пусть след пера фиксируется через равные промежутки времени, то есть запоминается координата пикселя. То есть след – это последовательность координат пикселей, оставляемых пером в качестве следа в каждый момент времени. Такую траекторию изначально представим в виде последовательности координат точек на плоскости:

$$\{(x_t, y_t)\}_{t=1..n} \quad (1)$$

где t - дискретные моменты времени, n - момент окончания следа. Для каждого $t=3..n$ можно вычислить угол отклонения движения пера относительно предыдущего направления. Для трёх подряд идущих точек рассчитаем модуль отклонения φ как угол между двумя векторами $\vec{A}(X_t, Y_t), \vec{B}(X_{t-1}, Y_{t-1})$:

$$|\varphi| = \frac{180}{\pi} \cdot a \cos \frac{X_t \cdot X_{t-1} + Y_t \cdot Y_{t-1}}{\sqrt{(X_t^2 + Y_t^2)(X_{t-1}^2 + Y_{t-1}^2)}} \quad (2)$$

Поворот влево относительно предыдущего направления движения

считается отрицательным, а вправо – положительным (рис.1).

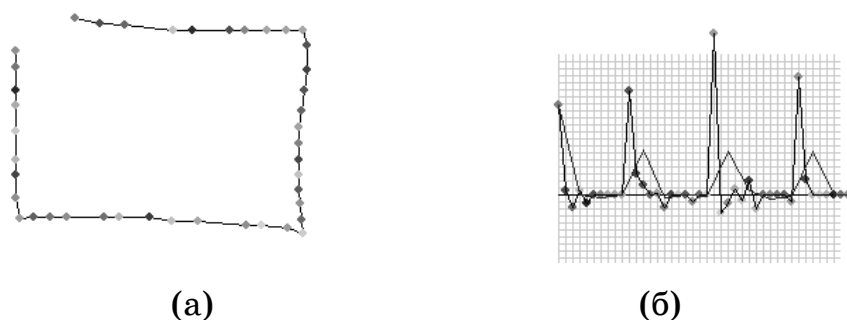


Рисунок 1 – Пример графика (б) отклонений для кривой (а)

Таким образом, возможным вариантом модели представления следа (1) является последовательность отклонений:

$$\{\varphi_t\}_{t=3..n} \quad (3)$$

В статье ставится задача исследовать возможность использования традиционных нечетких подходов для построения нечеткой характеристики траектории следа (3), на основании которой можно решать задачу идентификации.

Нечеткая модель следа

Построим на универсальном множестве отклонений $F = (-180, 180)$ 15 нечетких множеств, каждое из которых будет означать различные отклонения, с шагом 22.5° :

$$\tilde{\Phi}_i = \{\varphi \mid \mu_{\tilde{\Phi}_i}(\varphi)\} \quad (4)$$

где $\varphi \in F \subset \mathbb{R}, F = (-180, 180)$, $i = -7..7$, $\mu_{\tilde{\Phi}_i}(\varphi)$ - трапецевидная функция принадлежности (рис. 2).

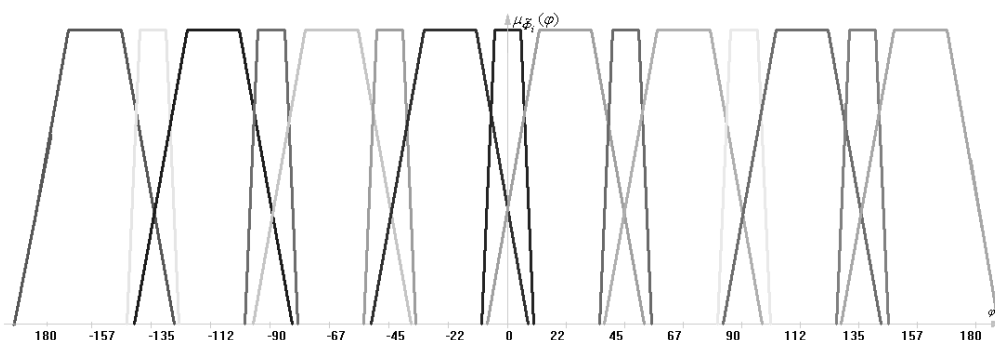


Рисунок 2 – Нечеткие множества для 15 видов отклонений

Введем 15 сенсоров, отвечающие за реакцию на каждый из 15 видов отклонения. В качестве характеристики нечеткой активности сенсора будем использовать нечеткое множество, определенное на

универсальном множестве – нормированное значение активности - $\theta \in [-1, +1]$, как описано в статье [4]:

$$\Theta_{\sim i} : \{\theta \mid \mu_{\Theta_{\sim i}}(\theta), \forall \theta \in [-1, +1]\} \quad (5)$$

Динамику нечеткой характеристики активности сенсоров $\{\tilde{\Theta}_i, i = -7..7\}_t, t = 1..n$ можно прослеживать графически, если выводить в каждый момент времени значение ядра β , как показано на рис.3.

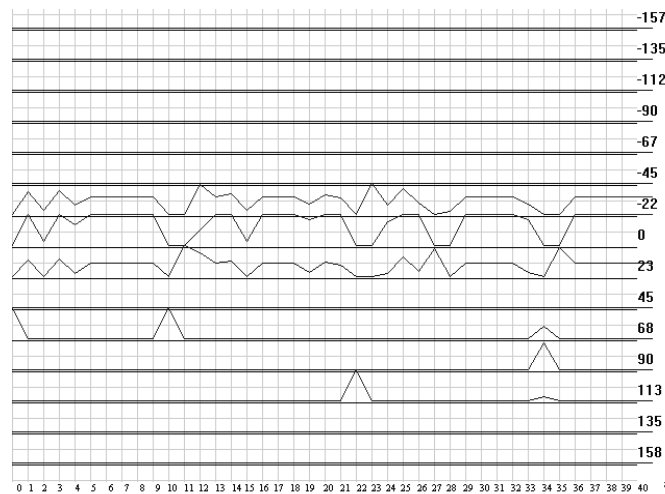


Рисунок 3 – Динамика изменения ядра нечеткой характеристики активности сенсоров для кривой на рис. 1(а)

Оценка схожести кривой с образцом по средней близости

Возьмём след и образец с последовательностями отклонений $\{\varphi_t\}_{t=3..n_\varphi}$ и $\{\theta_t\}_{t=3..n_\theta}$ соответственно. По их отклонениям найдем нечеткую характеристику активности на сенсоре i : $\Theta_{\sim i, t}$, с координатами функции принадлежности $(\alpha_{i, t}, \beta_{i, t}, \gamma_{i, t}, \delta_{i, t})$ и $\Theta_{\sim i, t}^0$, с координатами функции принадлежности $(\alpha_{i, t}^0, \beta_{i, t}^0, \gamma_{i, t}^0, \delta_{i, t}^0)$. Будем судить о степени схожести образца и следа в t – й момент времени на i - м сенсоре путем расчета близости $\Theta'_{\sim i, t}$ их нечетких характеристик активности, приведенном в статье [4]. Таким образом, для каждого сенсора i можно получить последовательность $\{\Theta'_{\sim i, t}\}_{t=1..n_\theta}$, означающую динамику степени схожести следа с образцом в каждый

момент времени t . Длина этой последовательности равна длине образца. Если же $n_\theta > n_\varphi$, то хвост последовательности $\{\Theta'_{i,t}\}_{t=1..n_\theta}$, начиная с элемента под номером n_φ будет состоять из отрицательных степеней схожести, для которых $\alpha'_{i,t} = \beta'_{i,t} = \gamma'_{i,t} = \delta'_{i,t} = -1$. Результирующая степень схожести образца и кривой Θ^p будет определяться функцией принадлежности с параметрами, которые рассчитываются как среднее арифметическое за все моменты времени по всем сенсорам:

$$\lambda^p = \frac{1}{15n_\theta} \cdot \sum_{t=1}^n \sum_{i=-7}^7 \lambda'_{i,t} \quad (6)$$

Введение среднего скользящего для графика отклонений

Случайные несущественные помехи в образце и следе, мешающие анализу, можно попробовать устранить путем сглаживания. Последовательность отклонений $\{\varphi_t\}_{t=3..n}$ будем сглаживать и для следа, и для образца, прежде чем выполнять сопоставление. Для этого рассчитаем последовательность $\{\varphi'_t\}_{t=3..n}$, каждый элемент которой вычисляется как среднее скользящее:

$$\varphi'_t = \varphi'_{t+1} = \varphi'_{t+2} = \frac{\varphi_t + \varphi_{t+1} + \varphi_{t+2}}{3} \quad (7)$$

Введение среднего скользящего для графиков активности сенсоров

Второй вариант преодоления проблемы помех – сглаженные графики показаний активности сенсоров, полученных как для образца, так и для следа. Для этого заменим последовательность $\{\tilde{\Theta}_i, i = -7..7\}_t, t = 1..n$ с координатами функции принадлежности $(\alpha_{i,t}, \beta_{i,t}, \gamma_{i,t}, \delta_{i,t})$ на среднее скользящее:

$$\alpha'_{i,t} = \alpha'_{i,t+1} = \alpha'_{i,t+2} = \frac{\alpha_{i,t} + \alpha_{i,t+1} + \alpha_{i,t+2}}{3} \quad (8)$$

Введение дискретных значений активности сенсоров

Третий вариант устранения помех при анализе – введение дискретных значений активности сенсоров. Дискретизацию выполним по формуле:

$$\beta'_{i,t} = \gamma'_{i,t} = \left\{ \begin{array}{l} -1, \text{ если } -1 \leq \beta_{i,t} \leq -0.875 \\ -0.75, \text{ если } -0.875 < \beta_{i,t} < -0.625 \\ -0.5, \text{ если } -0.375 \leq \beta_{i,t} \leq -0.625 \\ -0.25, \text{ если } -0.375 < \beta_{i,t} < -0.125 \\ 0, \text{ если } -0.125 \leq \beta_{i,t} \leq 0.125 \\ 0.25, \text{ если } 0.125 < \beta_{i,t} < 0.375 \\ 0.5, \text{ если } 0.375 \leq \beta_{i,t} \leq 0.625 \\ 0.75, \text{ если } 0.625 < \beta_{i,t} < 0.875 \\ 1, \text{ если } 0.875 \leq \beta_{i,t} \leq 1 \end{array} \right\} \quad (9)$$

Сдвиг следа относительно образца

В ряде случаев целесообразно искать в следе фрагмент, совпадающий с образцом, не сначала, а с некоторой позиции. Для этого будем последовательно сдвигать след относительно образца влево и рассчитывать при каждом сдвиге $\Theta^p_j, j=1..n$, где j - величина сдвига, n - длина образца. После вычислим максимальную близость $\Theta^p_{\max}$. Максимальная близость $\Theta^p_{\max}$ - это та Θ^p_j , у которой ядро принимает максимальное значение:

$$\beta^p_{\max} = \text{MAX}\{\beta^p_j\}_{j=1..n} \quad (10)$$

Результаты компьютерного эксперимента

В эксперименте было создано 4 образца следа: «Прямая», «Окружность», «Квадрат», «Треугольник». Также было создано 40 следов: по 10 для каждого образца. Каждый след сопоставлялся с каждым из образцов. В качестве результата сопоставления рассматривалось только значение β^p , являющееся ядром степени схожести образца и следа $\tilde{\Theta}^p$. По 10 значениям β^p , полученным при сопоставлении однотипных следов с образцом, получалось среднее и выводилось на график. На рисунках 4-7 приведены результаты

сопоставлений в условиях различных модификаций алгоритма сопоставления.

Графики построены отдельно для каждого из наборов однотипных следов. По оси ОУ откладывается среднее значение β^p для данного набора следов. По оси ОХ откладывается номер модификации сопоставления, где:

- 1- сопоставление без модификаций;
- 2- введение средних скользящих для графиков активности сенсоров;
- 3 - сдвиг следа относительно образца;
- 4 - введение среднего скользящего для графика отклонений;
- 5 - введение дискретных значений активности сенсоров.

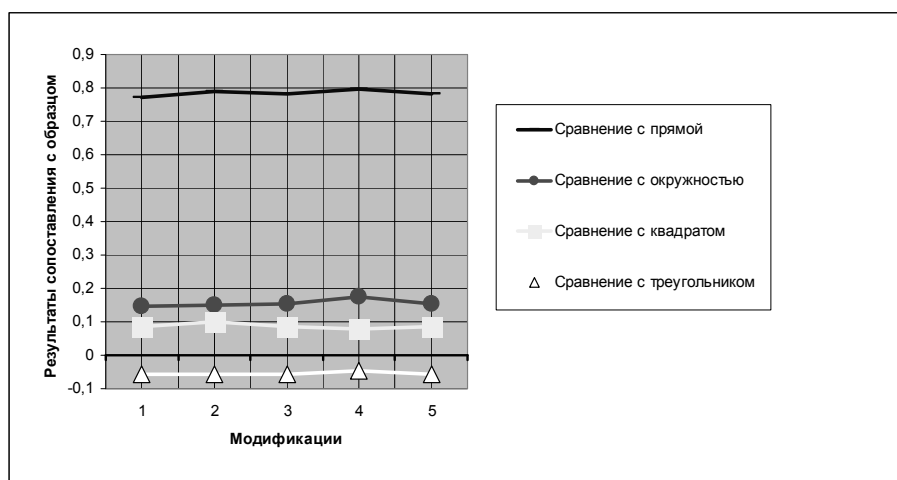


Рисунок 4 – Результаты сопоставления с образцами следов типа «Прямая»

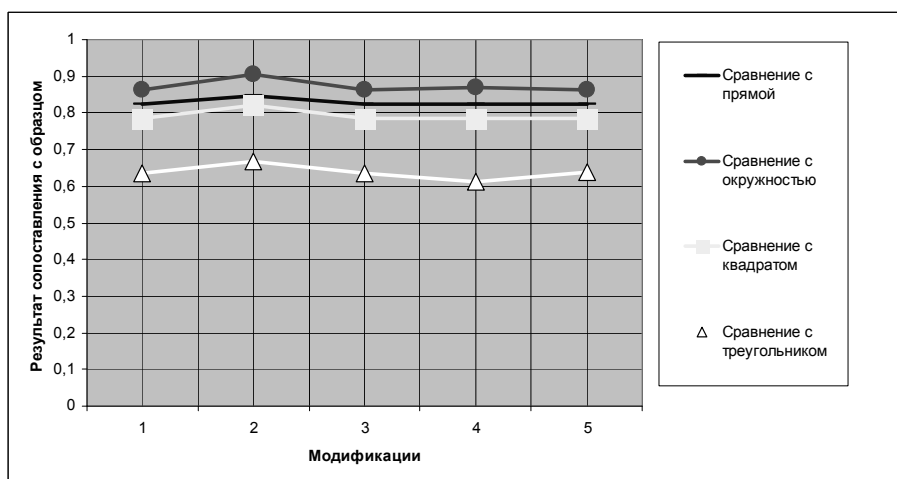


Рисунок 5 – Результаты сопоставления с образцами следов типа «Окружность»

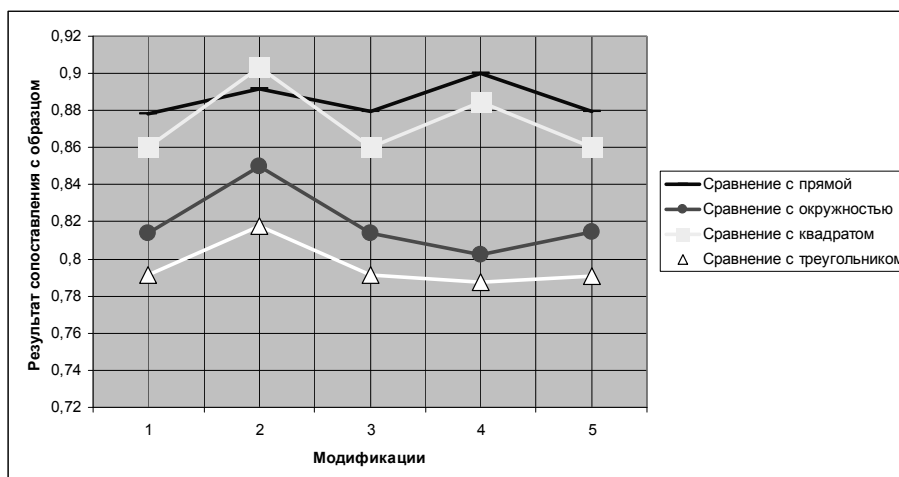


Рисунок 6 – Результаты сопоставления с образцами следов типа «Квадрат»

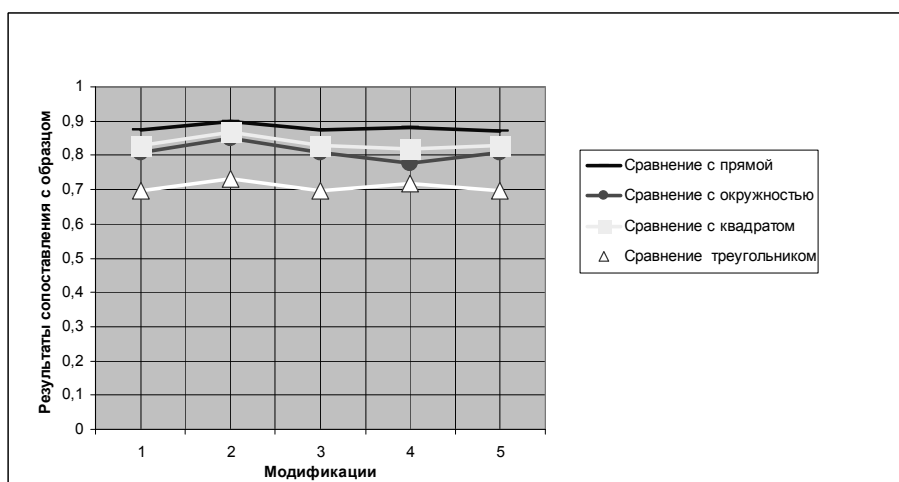


Рисунок 7 – Результаты сопоставления с образцами следов типа «Треугольник»

Компьютерный эксперимент позволил сделать следующие выводы. Следы типа «Прямая» и «Окружность» дают хорошие результаты при сопоставлении со всеми образцами: высокие показания при сопоставлении с нужными образцами и низкие показания для остальных образцов. Следы типа «Квадрат» и «Треугольник» дают самые высокие результаты при сопоставлении с образцом «Прямая», поскольку состоят из прямолинейных сторон. Для улучшения результатов необходимо повысить показания для случаев сопоставления, которые должны давать положительный результат, а для остальных – понизить. Введение среднего скользящего для графика отклонений частично улучшает результаты: следы типа «Квадрат» становится легче отличить от образцов «Круг» и «Треугольник». Введение средних скользящих для графиков активности сенсоров только завышает показания для всех образцов

одинаково. Сдвиг следа относительно образца, а также введение дискретных значений активности сенсоров вообще никак существенно не меняют показания.

Таким образом, предложенная модель описания динамической кривой не может быть положена в основу задачи идентификации следа. Увеличение числа активных сенсоров и детализация узлов связаны с обострением проблемы агрегирования результатов на конечной фазе сопоставления. Необходимо, во-первых, большее внимание уделить узловым моментам, где отклонение высокое. Во-вторых, используя эти узлы, след нужно разбить на простые участки типа «Прямая» и «Окружность», которые, как показала практика, легче выявляются. В-третьих, перейти к другой модели – последовательности нечетких ситуационных элементов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Иванов А.И. Биометрическая идентификация личности по динамике подсознательных движений. Монография. Пенза: Из-во Пензенского государственного ун-та, 2000, - 188 с.: ил. 37, табл. 13
2. Plomondon R., Lorette G. Automatic signature verification and writer identification - the state of the art. // Pattern Recognition 1989-22, N2, p. 107-131
3. Беленков В.Д. Электронные системы идентификации подписей // Защита информации. Конфидент. 1997, №6, с.39-42
4. Каргин А.А., Петренко Т.Г. Формализационная модель когнитивной психологии на основе интеллектуальных машин// Вісник Донецького національного університету. Серія А. Природовничі науки. Донецьк, ДонНУ, 2006.–№2.-С.342-348

ПРИМЕНЕНИЕ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ИСКУССТВЕННЫХ ИММУННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ГИДРОАКУСТИЧЕСКОГО ОБНАРУЖЕНИЯ

Введение

Передвижение кораблей и решение ими служебных задач связано с обеспечением корабля всеми видами наблюдения: визуальным, радиолокационным и гидроакустическим. Дистанция радиолокационного обнаружения зависит от технических параметров радиолокационной станции, высоты расположения антенны от водной поверхности, гидрометеорологических условий и радиолокационной наблюдаемости, площади отражающей поверхности объекта. Для малых и сверхмалых водных объектов последний фактор является определяющим. Известны случаи, когда в акватории Черного моря дальности гидроакустического обнаружения надводных объектов значительно превышали дальности их радиолокационного обнаружения, а в отдельных ситуациях наблюдение за полной надводной обстановкой может осуществляться только гидроакустическими средствами, например, при осуществлении контроля за антропогенным загрязнением. Своевременное обнаружение малых и сверхмалых быстроходных объектов – одна из актуальнейших задач, которая стоит перед гидроакустической службой корабля.

Проблема обнаружения морского динамического объекта с помощью гидроакустических средств предполагает решение следующих задач[1-4]:

- выделения сигнала от объекта в условиях действия изотропных и локальных помех;
- измерения параметров гидроакустического источника;
- классификации объекта по его гидроакустическим характеристикам и элементам движения.

Решение комплекса данных взаимосвязанных задач: обнаружения, измерения и классификации с учетом не стационарности морской внешней среды, недостоверности априорных сведений, неполноты и неточности оценок параметров также осложнено непредсказуе-

мым поведением наблюдаемого объекта.

Гидроакустические средства наблюдения за внешней обстановкой, применяемые для информационного обеспечения решения проблемы, фиксируют параметры первичного или вторичного акустических полей объекта на фоне изотропных, а также естественных или искусственных локальных полей. Проводимые ими измерения используются для оценки элементов движения объекта и его классификации.

Принципиальными компонентами таких вычислений являются нечеткие системы, искусственные нейронные сети (ИНС) и эволюционные вычисления, включающие, в частности, генетические алгоритмы. При описании информационных и процедурных элементов «мягких» вычислительных процессов положения теории нечетких систем позволяют формализовать неточность и неопределенность используемой информации, нейронные сети – организовать обучение в процессе выполнения вычислений и их высокопроизводительную реализацию, а генетические алгоритмы – обеспечить решение оптимизационных задач [5-6].

В настоящее время известны различные примеры использования различных систем для классификации гидроакустических сигналов, различающиеся как постановкой задачи распознавания, так и собственно реализацией классификатора гидроакустических сигналов. Особенно необходимо выделить использование нейроподобных сетей и нечетких классификаторов в рассматриваемой области [7-9].

Искусственные иммунные системы сравнительно новая проблемная область информатики, однако она не уступает нейронным сетям по своим возможностям в практической реализации.

2. Общая постановка задачи

Целью данной работы является исследование возможности использования искусственных иммунных систем для решения задачи распознавания гидроакустических сигналов на основе признаков пространств, сформированных с помощью вейвлет-преобразований, и разработать метод автоматического распознавания гидроакустических сигналов в условиях ограничений на длительность обрабатываемых сигналов при частичной или полной априорной неопределенности сведений об их структуре.

3. Описание и представление признакового пространства

Данные состоят из звуковых записей полученных пассивного гидролокатора трех типов кораблей. Все три типа записей были разбиты на 150 множеств по 160 секунд. Для обучения использовалось по 100 примеров от каждого типа корабля и по 50 примеров для тестирования.

Отношение сигнала к шуму изменялся на более чем на 35 децибел. С помощью преобразования Фурье были исследованы фазо-частотные и амплитудно-частотные характеристики исследуемых сигналов (Рис.1)

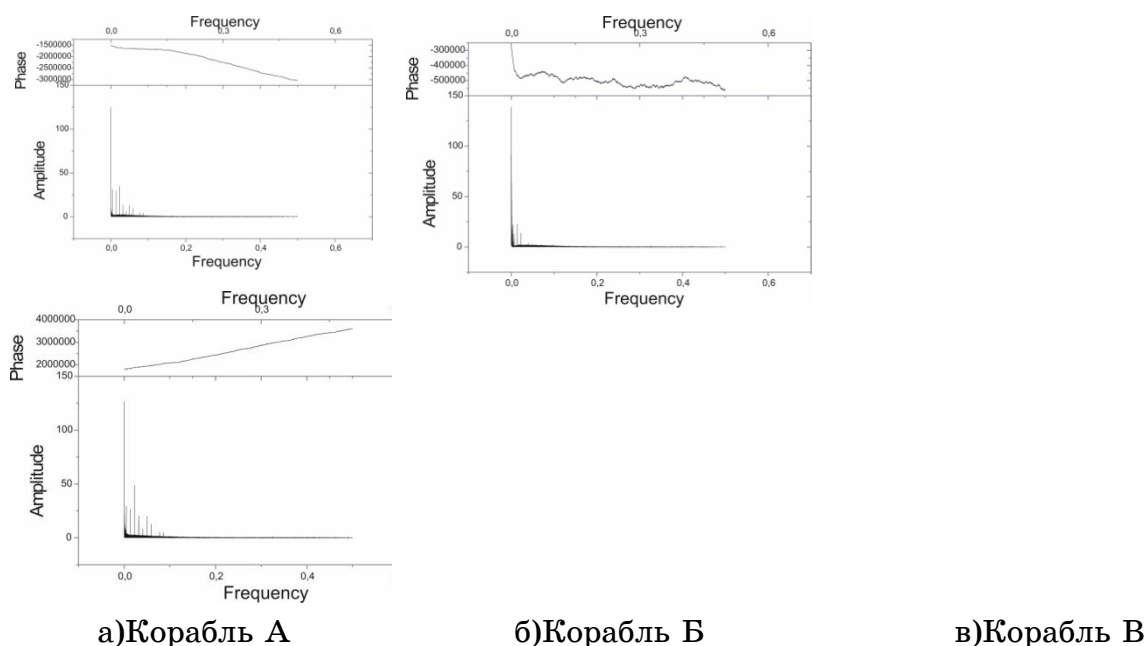


Рисунок 1 – Фазо-частотные и амплитудно-частотные характеристики гидроакустических сигналов

Важной задачей процесса распознавания является определение набора признаков $Y_1, Y_2, \dots, Y_R$, т.е. формирование признакового пространства таким образом, чтобы при минимально возможной размерности R обеспечить требуемую достоверность классификации. Применение для этих целей подходов, основанных на традиционном спектрально-временном анализе Фурье, связано с определенными трудностями: высокими требованиями к входному потоку по отношению сигнал/шум (ОСШ); недостаточной достоверностью классификации для многокомпонентных сигналов; наличием значительного объема реализаций.

Ранее нами в работе [10] было показано, что одним из информативных показателей для решения задачи распознавания гидроакусти-

ческого сигнала является показатель энтропии логарифма энергии и показатель энтропии Шеннона сигнала. Дополнительно использовались такие статистические показатели сигнала как: среднее абсолютное отклонение от среднего значения, среднеквадратичное отклонение от среднего и дисперсия сигнала. Энтропия является общей концепцией оценки информативности во многих областях, главным образом в обработке сигналов. В нашей работе для формирования признакового пространства использовалось два вида энтропии:

Энтропия Шеннона:

$$E1 = -\sum_i s_i^2 \log(s_i^2) \quad (1)$$

При соглашении, что $0 * \log(0) = 0$

И энтропия логарифма энергии:

$$E2 = \sum_i \log(s_i^2) \quad (2)$$

При соглашении, что $\log(0) = 0$

Где s_i - значение сигнала s .

На рисунках 3 и 4 показано усредненное значение энтропии Шеннона и энтропии логарифма энергии по всем обучающим и тестовым наборам данных.

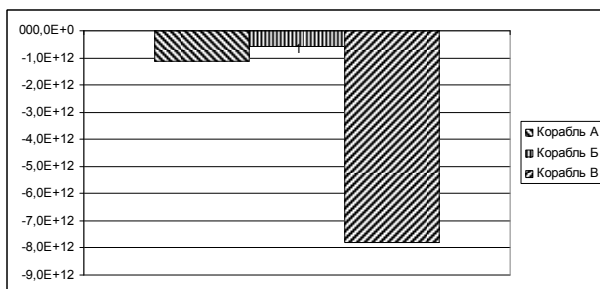


Рисунок 2 – Энтропия Шеннона

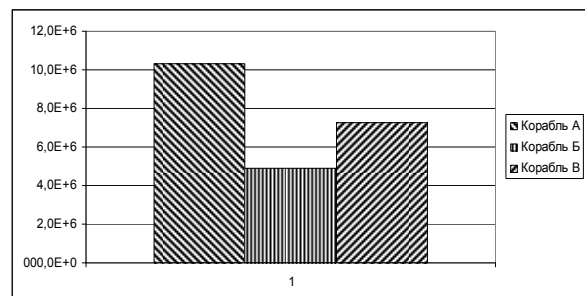


Рисунок 3 – Энтропия логарифма энергии

Дополнительно для формирования признакового пространства в нашей реализации были использованы вейвлеты Габора. Расчет проводился в соответствии с методикой, описанной в работе [3], с помощью модифицированной нами программы [<http://www-isis.enst.fr/Applications/tftb/iutsn.univ-nantes.fr/auger/tftb.html>]. Для признакового пространства нами использовалось 24 вейвлет-коэффициента.

4. Модифицированная иммунная сеть для решения задач классификации

4.1. Общая постановка задачи распознавания гидроакустических сигналов

В общем случае распознавание представляет процесс отнесения исследуемого объекта, в данном случае радиосигнала, представленного совокупностью наблюдений, к одному из альтернативных классов. Процесс соотнесения объекта к классу базируется на существующих различиях некоторой упорядоченной совокупности признаков распознавания. Традиционно указанные признаки формируют на основе таких параметров сигналов, как длительность элементов модулирующей функции, число экстремумов огибающей сигнала, статистические характеристики количества переходов нулевого уровня, моменты высших порядков формы спектра, полученных в результате наблюдений [2]. Затем совокупность наблюдений представляется в виде матрицы

$$X_{pn} = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1i} & \cdots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2i} & \cdots & x_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{p1} & x_{p2} & \cdots & x_{pi} & \cdots & x_{pn} \end{pmatrix} \quad (3)$$

где n — количество наблюдений, используемых для распознавания, а каждый столбец

$X_i = (x_{1i}, x_{2i}, \dots, x_{pi})^T$, $i = 1, 2, \dots, n$ матрицы X_{pn} есть p -мерный вектор наблюдаемых значений p признаков $X_1, X_2, \dots, X_p$ отражающих наиболее важные для распознавания свойства объектов. Набор признаков p , как правило, является одинаковым для всех распознаваемых классов $s_1, s_2, \dots, s_k$. Таким образом, рассматривается задача распознавания принадлежности наблюдаемого объекта к одному из конечного фиксированного числа классов $s_1, s_2, \dots, s_k$, описываемых одинаковым для всех классов набором признаков $X_1, X_2, \dots, X_p$. Различия между классами будут проявляться только в различии характеристик признаков у разных объектов. Тогда для любого набора признаков $X_1, X_2, \dots, X_p$ можно задать правила, согласно которым любым двум классам s_1 и s_r ставится в соответствие вектор, состоя-

ций из q скаляров, называемых межклассовыми расстояниями и выражающих степень отличия у этих классов характеристик данных признаков.

$$D_{1r} = \begin{vmatrix} d_1^{1r} \\ \dots \\ d_q^{1r} \end{vmatrix} \quad (4)$$

Неотъемлемой частью процесса распознавания является определение набора признаков $X_1, X_2, \dots, X_p$, т. е. формирование признакового пространства таким образом, чтобы при минимально возможной размерности p обеспечить требуемую достоверность классификации. В соответствии с рассмотренным подходом к решению задачи распознавания важным моментом является выбор метода формирования признакового пространства.

4.2. Общие понятия об искусственных иммунных сетях

Применительно к задачам распознавания и классификации в качестве популяции антигенов иммунной сети выступает набор данных (векторов), которые нужно распознать. Назовем этот набор $X = (x_1, x_2, \dots, x_N)$. Каждый вектор $x_i, i = 1, \dots, N_p$ состоит из p элементов. Элементами вектора могут являться наборы переменных, атрибутов или характеристик распознаваемого объекта. Для количественного расчета обоих видов взаимодействия векторов распознаваемого объекта в теории искусственных иммунных систем используется понятие аффинности.

Определение 1. Под *аффинностью* будем понимать *меру взаимодействия* (или *силу связи*) соответствующих комплементарных участков антигена и антитела или двух антител, которая формально может быть представлена в виде одной из метрик (например, Евклидового расстояния), указывающей на степень подобия или различия между соответствующими атрибутами строк, такой что $S^P \times S^P \rightarrow \mathbb{R}^+$.

В текущей реализации аффинность определяется между 0 и 1 включительно и вычисляется как Евклидовое расстояние *векторов свойств* двух объектов. Таким образом, низкие значения аффинности указывают на сильную близость двух объектов. Так как каждый элемент данных x_i представляет собой p -мерный вектор, то для модели-

рования связей «антиген-антитело» и «антитело-антитело» все антитела должны быть также представлены в форме p -мерных строк или векторов.

Определение 2. Множество стереохимических взаимодействий или множество свойств антител, определяющих их межмолекулярную аффинность, будем называть *многомерным пространством форм P* .

При использовании пространства форм предполагается возможность полного описания обобщенной формы антитела при помощи строки параметров длины p . Если при этом предположить что и антиген в свою очередь имеет комплементарную антителу область, которую можно описать при помощи такого же количества параметров, то при объединении этих параметров в векторы, антитело (Ab) и антиген (Ag) могут таким образом быть представлены как точки в p -мерном Евклидовом пространстве.

Отображение множества форм во множество параметров решаемой задачи не имеет значения в вычислительном смысле и полностью определяется предметной областью использования ИИС. Каждое антитело способно распознавать не единственный антиген, а множество антигенов, чья форма дополнения (комплемент) находится внутри определенного объема в пространстве форм. Этот объем характеризуется параметром ε , называемым кросс-реактивным порогом.

Определение 3. *Кросс-реактивным порогом* называется область в многомерном пространстве форм, охватывающая антитело, внутри которой проявляется его активность по отношению к антигенам или другим антителам.

Определение 4. *Под уровнем гипермутации* будем понимать численное значение, используемое для определения числа клонов подвергнутых мутации данной клетки памяти, которые позволяет ввести в популяцию клетки.

Определение 5. *Искусственная иммунная сеть* представляет собой *полно связанный граф, состоящий из множества узлов* – клеток, сети (антител), и множества взвешенных ребер, которые устанавливают связи между клетками.

Уровень измене- ния попу- ляции	=	Стимуляция сети	–	Супрес- сия сети	+	Поступление новых элементов	–	Гибель нестиму- лированных эле- ментов
--	---	--------------------	---	------------------------	---	-----------------------------------	---	--

Рисунок 4 – Обобщенная схема алгоритма иммунной сети

Формально алгоритм иммунной сети можно представить следующим образом:

$$\text{immNET} = (X, C, M, N_C, D, S, n, \xi, \sigma_d, \sigma_s) \quad (5)$$

где X – набор данных, состоящий из N_p векторов размерности p ; C – матрица, содержащая все клетки (антитела) сети ($C \in \mathbb{R}^{N \times p}$) – популяция антител; M – матрица, состоящая из N клеток памяти ($M \subseteq C$); N_C – общее количество клонов, создаваемых стимулируемыми клетками в каждом поколении (при активации сети); D – матрица элементов d_{ij} **Ag-Ab** аффинностей; S – матрица элементов s_{ij} **Ab-Ab** аффинностей; n – количество лучших клеток, отбираемых из C для клонирования и мутации; ξ – процент улучшенных клеток, отбираемых из популяции клонов для последующей обработки; σ_d – пороговый коэффициент (кросс-реактивный порог) гибели клетки в зависимости от ее **Ag-Ab** аффинности; σ_s – пороговый коэффициент сжатия сети.

Значение весового коэффициента ребра отвечает аффинности связи клеток друг с другом. В иммунных сетях различают два вида аффинности:

- аффинность связи «антиген-антитело» (**Ag-Ab**) – степень расхождения;
- аффинность связи «антитело-антитело» (**Ab-Ab**) – степень подобию.

В целом, алгоритм искусственной иммунной сети представляет собой итерационную процедуру, которая может быть получена при реализации трех основных фаз:

1. *Созревание аффинности*: антигены (точки данных) представлены антителам, которые подвергаются гипермутации, для лучшего соответствия антигенам (взаимодействие антитела и антигена).

2. *Клональное расширение*: те антитела, которые сильнее стимулируются, т.е. лучше соответствуют образу, отбираются для дальнейшего клонирования и роста иммунной сети.

3. *Супрессия сети*: взаимодействие между антителами определяется количественно и если одно антитело распознает другое, то одно из них удаляется из пула клеток (взаимодействие антитела и антитела).

4.3. Принципы модификации иммунных сетей для решения задач классификации

Рассматривая вычислительные аспекты парадигмы иммунных систем, можно выделить следующие основные элементы, необходимые для проектирования их искусственных аналогов – искусственных иммунных систем (ИИС). Ими являются:

- множество способов представления компонентов системы (S);
- множество механизмов, позволяющих оценить взаимодействие индивидуумов с окружающей средой и друг с другом (M);
- процедуры адаптации, которые управляют динамикой системы, т.е. изменением ее состояния во времени (A).

Следовательно, в общем виде ИИС можно представить так:

$$\text{ИИС} = (S, M, A). \quad (6)$$

Способы представления позволяют создавать абстрактные модели иммунных органов, клеток или молекул; механизмы оценки, также называемые функциями аффинности, позволяют количественно оценить взаимодействия этих «искусственных иммунных органов», а процедуры адаптации, выраженные в виде множества общих алгоритмов достижения цели, управляют динамикой ИИС.

Для проектирования структуры ИИС зачастую применяются методы, активно используемые в других биологических вычислительных парадигмах таких как, например, нейронные сети и эволюционные алгоритмы. Набор оценочных функций, взятых из данных вычислительных парадигм, вполне может быть использован для оценки взаимодействия индивидуумов ИИС. В то же время, эволюционные алгоритмы хорошо подходят для управления изменением во времени состояний клеток и молекул, из которых состоит искусственная иммунная система. С учетом вышесказанного процесс построения ИИС можно разделить на два основных этапа:

- выбор подходящей формы представления индивидуумов и меры аффинности;

- применение любого из существующих алгоритмов (или нового алгоритма) для управления изменением состояний системы во времени.

Необходимо также отметить, что форма представления индивидуумов и мера аффинности полностью определяются предметной областью, в которой предполагается использовать ИИС и типом решаемой задачи. Поэтому общий поэтапный подход к разработке ИИС можно представить следующим образом (рис. 5).

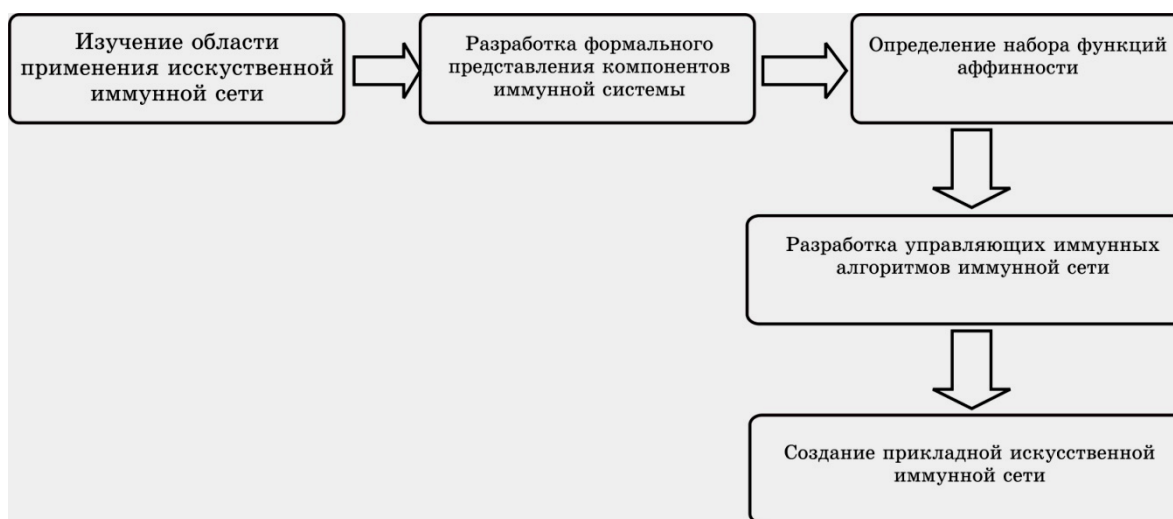


Рисунок 5 – Основные этапы разработки искусственной иммунной системы

Основной целью изучения области применения ИИС является получение набора ключевых признаков (атрибутов) тех объектов или процессов, для изучения которых разрабатывается данная ИИС. Эти атрибуты выступают в роли аргументов задачи исследования. Система осуществляет поиск таких значений аргументов, которые бы в наибольшей степени удовлетворяли условиям задачи.

Таким образом, улучшить качество работы иммунной сети можно посредством изменения механизмов мутации и вычисления функции аффинности. В нашей работе предлагается обобщенная схема модификации алгоритма иммунной сети для решения задач классификации (Рис.6.).

В данной работе использовался классический вариант иммунной сети и вариант с модифицированными процедурами вычисления аффинности и операторов мутации (4-й вариант).

В данном варианте реализации искусственной иммунной сети модифицирован расчет аффинности между антителом и антигеном и процесс мутации. Модификация расчета аффинности позволяет более оптимально устанавливать значение аффинности для антитела и отбирать для дальнейшего клонирования только наилучшие индивидуумы. Модификация процесса мутации разрешает ускорить выполнение этой операции и вносит дополнительные функции управления точностью сходимости. Указанные модификации и некоторые другие составляющие процедуры описаны ниже:

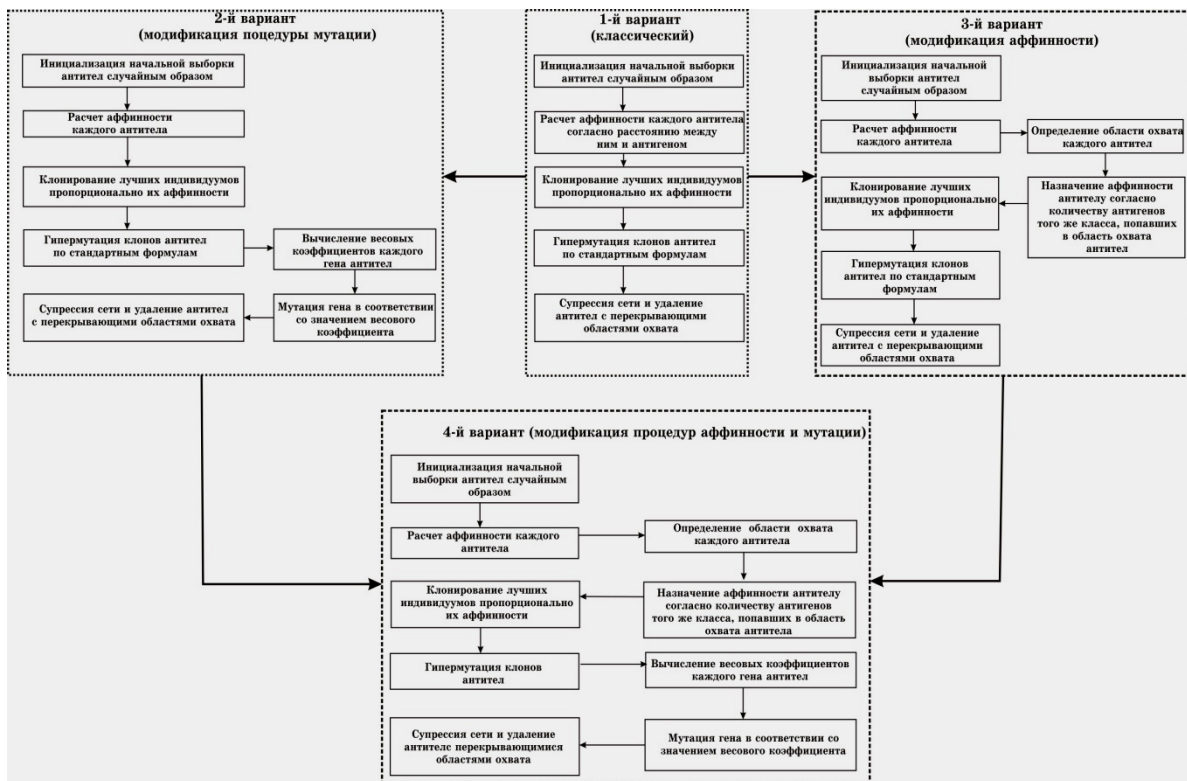


Рисунок 6 – Общая схема создания модифицированных алгоритмов иммунной сети для решения задач классификации

Поскольку аффинность Ag-Ab связана с расстоянием между ними, она может быть рассчитана через любой способ измерения расстояния между двумя строками или векторами. Итак, если даны координаты антитела $Ab = \langle Ab_1, Ab_2, \dots, Ab_i \rangle$, и антигена $Ag = \langle Ag_1, Ag_2, \dots, Ag_i \rangle$, то расстояние D между ними может быть определено как:

$$D = \sqrt{\sum_{i=1}^L (Ab_i - Ag_i)^2} \quad (7)$$

$$D = \sum |Ab_i - Ag_i|, \quad (8)$$

где (1) - формула Евклидова расстояния, (2) - формула Манхеттенского расстояния.

Аффинность рассчитывается по следующей формуле:

$$Aff_{ij} = \begin{cases} \frac{Dist_{ij} + \frac{n_j}{N_j}}{2}, & n_{\bar{j}} = 0 \\ 0 & n_{\bar{j}} > 0 \end{cases} \quad (9)$$

где Aff_{ij} - аффинность между i -ым антителом и j -ым антигеном; $Dist_{ij}$ - расстояние между i -ым антителом и j -м антигеном (нормированное от 0 до 1: 0 – максимально возможное расстояние, 1 – полное совпадение координат); n_j – количество антигенов, которые попали в область охвата i -ого антитела, в которых ключевой класс совпадает с j -ым антигеном; N_j – общее количество антигенов, в которых ключевой класс совпадает с j -м антигеном; $n_{\bar{j}}$ – количество антигенов, которые попали в область охвата i -ого антитела, в которых ключевой класс не совпадает с j -м антигеном.

Общее количество клонов, сгенерированных для всех из n отобранных антител, устанавливается согласно формуле (3):

$$N_c = \sum_{i=1}^n \text{round}\left(\frac{\beta * N}{i}\right) \quad (10)$$

где N_c – общая сумма клонов, созданных для каждого из антигенов; β – множительный коэффициент; N – общая сумма антител; round – оператор, который округляет аргумент к ближайшему целому числу.

Для ускорения процесса гипермутации было предложено для каждого гена антитела установить весовой коэффициент:

$$VS[Ab_i] = \frac{1 - \left(\sum_{j=1}^L (Ab_j - Ag_j) - \sum_{k=1}^L (Ab_k - Ag_k) \right)}{1 - \sqrt{\sum_{j=1}^L (Ab_j - Ag_j)}}, \quad k \neq i \quad (12)$$

$$VS[Ab_i] = \frac{1 - \left(\sum_{j=1}^L |Ab_j - Ag_j| - \sum_{k=1}^L |Ab_k - Ag_k| \right)}{1 - \sum_{j=1}^L |Ab_j - Ag_j|}, \quad k \neq i \quad (13)$$

где $VS[Ab_i]$ – вес i -го гена антитела, Ab – антитело, Ag – антиген. Формула (4) используется в случае, если расстояние между антителом и антигеном рассчитывается на основе Евклидова расстояния, а формула (5), если расстояние рассчитывается на основе Манхэттенского расстояния (эти параметры задаются в настройках программы при запуске работы информационной системы [11]).

Формула, по которой осуществляется мутация антитела, имеет следующие варианты выбора:

Мутация с быстрой сходимостью (*МБС*):

$$c_j^* = c_j - \alpha(ab_i - c_j), \quad j = 1, \dots, |C| \quad (14)$$

Аффинность, пропорциональная мутации (*АПМ*):

$$c_j^* = c_j - \exp(-\alpha D^*), \quad j = 1, \dots, |C| \quad (15)$$

Соматическая мутация (*СМ*):

$$c_j^* = c_j + \exp(-\alpha D) * N(0, \alpha), \quad j = 1, \dots, |C| \quad (16)$$

где c_j – антиген, подвергнутый мутации,

α – коэффициент мутации,

$N(0, \alpha)$ – функция случайного распределения в диапазоне $(0, \alpha)$.

Более детально информационная система для решения задач классификации описана в работе [11].

5. Результаты экспериментальных исследований

Для оценки работы представленных модификаций разработанных алгоритмов иммунных сетей (Рис.7), были проведены сравнительные исследования. Каждый алгоритм тестировался по 10 раз. В таблице 1 приведены результаты тестирования (% правильного распознавания на тестовом наборе данных).

Были проведения сравнительные исследования качества классификации с другими известными иммунными системами и алгоритмами в программной среде WEKA (<http://www.cs.waikato.ac.nz/ml/weka>): Immunos-1, Immunos-2, Immunos-99[12], AIRS1, AIRS2[13-16], CLONALG[17-18], CSCA[19].

Таблица 1

Результаты тестирования на точность классификации разработанных алгоритмов

Виды алгоритмов	Расчет мутации и используемая метрика					
	Евклидовое расстояние			Манхеттенское расстояние		
	МБС (14)	АПМ (15)	СМ (16)	МБС (14)	АПМ (15)	СМ (16)
1.Классический	94,5%	95,0%	90,8%	87,0%	88,7%	87,3%
2. Модиф. мутация	95,7%	94,1%	92,5%	86,2%	89,2%	83,6%
3. Модиф. аффинность	96,4%	97,2%	94,7%	88,1%	87,4%	86,2%
4.Модиф. аф- финность и му- тация	98,5%	97,9%	97,1%	98,1%	97,6%	96,8%

Таблица 2

Результаты сравнительного тестирования современными иммунными алгоритмами на точность классификации

№ n/n	Алгоритмы	% правильно- го распозна- вания
1.	Модифицированный авторами алгоритм иммун- ной сети (аффинность и мутация)	98,5%
2.	Immunos-1	85,5%
3.	Immunos-2	86,1%
4.	Immunos-99	80,3%
5.	AIRS1	86,3%
6.	AIRS2	87,6%
7.	CLONALG	87,0%
8.	CSCA	98,6%

Выводы

В работе показаны результаты исследований применения разработанных авторами модифицированных иммунных сетей для решения задачи распознавания гидроакустических сигналов, на основе признаков пространств, сформированных с помощью вейвлет-преобразований. Разработан метод автоматического распознавания

гидроакустических сигналов в условиях ограничений на длительность обрабатываемых сигналов при частичной или полной априорной неопределенности сведений об их структуре на основе искусственных иммунных систем.

Полученные результаты дают полное описание разработанных авторами алгоритмов построения искусственных иммунных сетей для обнаружения гидроакустических сигналов. Рассмотренный вариант решения задачи обнаружения сигналов от локальных источников шумов на иммунносетевом базисе демонстрирует высокую эффективность применения искусственных иммунных сетей как аппроксимирующих моделей гидроакустических расчетов, использующих параллельно-распределенную организацию вычислений. Целесообразность их использования объясняется их высокой гибкостью, способностью осуществлять параллельный поиск, устойчивостью к шуму, ассоциативной памятью, самоорганизацией, структурной пластичностью и высокими адаптационными способностями.

В целом, иммунные сети являются весьма перспективным направлением для реализации в различных прикладных приложениях при решении задач распознавания образов.

ЛИТЕРАТУРА

1. S. Beck, L. Deuser, R. Still and J. Whiteley, "A Hybrid Neural Network Classifier of Short Duration Acoustic Signals," *Proc. IJCNN*, Seattle, July 1991.
2. W. W. Streilein, P. Gaudiano and G. A. Carpenter, "A neural network for object recognition through sonar on a mobile robot," *Proceedings of the 1998 IEEE/ISIC/CIRA/ISAS Joint Conference*, Gaithersburg, Md: September, 1998, pp. 271-276.
3. R. Baran and J.P. Coughlin, "A neural network for target classification using passive sonar," *Proceedings of the Conference on Analysis of Neural Network Applications*, Fairfax, Virginia, 1991, pp. 188-198.
4. Y.D. Lin, Real-time recognition of fish species using neural network analysis of acoustic signature," *Dissertation*, Melbourne, Fl: Florida Institute of Technology, 1998.
5. Бобровский А.И., Ефимов В.В., Зайченко К.В., Кадашников С.К., Машошин А.И., Черныш В.В. Классификация гидроакустических

- сигналов с помощью нейроподобных сетей// Известия вузов. приборостроение, 1996, Т.39, №1 с. 49-56
6. А.С.Ермоленко, А.В.Рудинский, Ю.Л.Сиек “Мягкие измерения и вычисления в гидроакустических системах и вычисления в гидроакустических системах обнаружения морских объектов ” // Научная сессия МИФИ - 2002. Сборник научных трудов. - М., 2002. - Ч.2: Нейроинформатика-2002. 4-я Всероссийская научно-техническая конференция. - С. 171-178
7. Степновский А., Мошинский М., Тран Ван Данг Применение адаптивного нечеткого классификатора с нечетким решающим деревом для описания морского дна// Акустический журнал, 2003, Том 49, №2, с.233-244
8. Рудинский А.В., Ермоленко А.С., Сиек Ю. Л. "Нейросетевой алгоритм обнаружения гидроакустических сигналов" "Нейроинформатика - 2000", 2-я Всероссийская научно-техническая конференция, сборник научных трудов, часть 1, Москва, 2000г., с.268-275.
9. Машонин А.И. Особенности синтеза алгоритмов классификации подводных объектов по их гидроакустическому полю// Акустический журнал. 1996. Т.42, №2, с.27-32
10. Бабичев С.А., Литвиненко В.И., Баранов А.Н., Захаров А.М., Четырин С.П. Предобработка гидроакустического сигнала в системах классификации на основе вейвлет-анализа//Збірник наукових праць. Вип1(11).– Севастополь: Севастопольський ВМІ ім.. П.С.Нахімова. 2007.– С.133-140
11. Литвиненко В.И., Дидык А.А., Захарченко Ю.А. Компьютерная система для решения задач классификации на основе модифицированных иммунных алгоритмов // ААЭКС 2008 №2 (22) с.66-73.
12. Brownlee, J. Immunos-81. The misunderstood artificial immune system; Technical Report No. 3-01; Centre for Intelligent Systems and Complex Processes (CISCP), Faculty of Information and Communication Technologies (ICT), Swinburne University of Technology (SUT), Victoria, Australia: 2005.
13. Watkins, A.; Timmis, J.; Boggess, L. Artificial immune recognition system (AIRS): An immune-inspired supervised learning algorithm. *Genet. Programm. Evolv. Mach.* **2004**, 5, 291-317.
14. Meng, L.; van der Putten, P.; Wang, H. A comprehensive benchmark of the artificial immune recognition system (AIRS). In *Ad-*

- vanced Data Mining and Applications, Proceedings, 2005; Vol. 3584, pp 575-582.*
15. Watkins, A. B. AIRS: A resource limited artificial immune classifier. Mississippi State University, 2001.
 16. Watkins, A. B. Exploiting immunological metaphors in the development of serial, parallel and distributed learning algorithms. University of Kent, Canterbury, UK, 2005.
 17. de Castro, L. N.; Von Zuben, F. J. The clonal selection algorithm with engineering applications. In GECCO-2000: Proceedings of the Genetic and Evolutionary Computation Conference, July 10-12, 2000, Las Vegas, Nevada, Whitley, D.; Goldberg, D.; Cantu-Paz, E.; Spector, L.; Parmee, I.; Beyer, H.-G., Eds. Morgan Kaufmann: San Francisco, CA, 2000; pp 36-37.
 18. de Castro, L. N.; Von Zuben, F. J. Learning and optimization using the clonal selection principle. *IEEE Trans. Evol. Comput.* **2002**, 6, 239-251.
 19. Brownlee, J. Clonal selection theory & CLONAG. The clonal selection classification algorithm (CSCA); Technical Report No. 2-02; Centre for Intelligent Systems and Complex Processes (CISCP), Faculty of Information and Communication Technologies (ICT), Swinburne University of Technology (SUT), Victoria, Australia: 2005.

МОДЕЛИРОВАНИЕ АЛГОРИТМА УПРАВЛЕНИЯ БОЛЬШИМИ НЕЛИНЕЙНЫМИ СИСТЕМАМИ

Введение.

Проблеме синтеза оптимального управления большими системами, состояние которых описывается нелинейными моделями, уделяется огромное значение. Объясняется это тем, что линейные модели описывают не сами процессы в сложных динамических системах, а отклонение от заданного опорного состояния системы [1]. Оно обусловлено, в основном, внешними возмущающими воздействиями на систему, ненулевыми начальными условиями её состояния и вариационными приращениями управляющих воздействий [2]. Однако, для современных сложных систем, которые представляют собой распределённые, многомерные, многосвязные, иерархические структуры, подход с использованием линейных моделей будет носить частный исследовательский характер. Это не позволит описать сложные процессы в таких системах, а тем более организовать управление их состоянием в критических и хаотических режимах [3].

Основная часть.

Решения указанной проблемы предполагает использование новых принципов и методов синергетической теории управления [3]. Она предполагает использование принципов самоорганизации сложных динамических структур при синтезе систем управления ими [4].

Для развития синергетической концепции управления нелинейными распределёнными иерархическими многомерными и многосвязными динамическими системами предложим новый подход синтеза управления такими объектами в форме соответствующих им обратных связей.

Состояние сложной динамической системы представим в виде нелинейных дифференциальных уравнений

$$\dot{x}_n = f_n(x_n) + G_n(x_n)u, x_n(t_0) = x_{n0}, \quad (1)$$

где x_n – n - мерный вектор динамического состояния системы;

$f_n(x_n)$ – вектор нелинейных функций, входящих в модель системы;

$G_n(x_n)$ - матрица размерности $n \times r$;

u - вектор управляющих параметров системы;

x_{n0} - значение вектора x_n в начальный момент времени $t = t_0$.

Состояние, в которое предполагается перевести объект, в общем виде зададим ненулевым вектором $x_n(t_k) = x_k$, первой производной этого вектора по времени $\dot{x}_n(t_k) = \dot{x}_k$ и вектором управлений $u(t_k) = u_k$.

Для удобства представления синтезируемого алгоритма определения управлений вводим в рассмотрение вектор $x = x_n - x_k$. Тогда нелинейную модель сложного динамического объекта (1) представим в виде

$$\dot{x} = f(x) + G(x)u, x(t_0) = x_0, \quad (2)$$

где $f(x) = f_n(x + x_k) - f_n(x_k) - G_n(x_k)u_k$ - n -мерный вектор нелинейных функций, адекватно описывающих реальные процессы в системе;

$G(x) = G_n(x + x_k)$ - матрица размерности $(n \times r)$.

Главная особенность модели (2) состоит в том, что когда в точке фазового пространства, где $x = 0$ вектор $f(x) = 0$, и, следовательно, при управлении $u = 0$ также и первая производная вектора состояния $\dot{x} = 0$.

При этом алгоритм синтеза управлений динамическим состоянием объекта значительно упрощается при наложении соответствующих дополнительных требований к структуре его модели (2). Для этого введём ряд допущений. Во-первых, полагаем, что управление u - скалярное, размерность $r = 1$ и матрица $G(x)$ представлена вектором - столбцом. Во-вторых, первый элемент вектора нелинейной функции $f(x)$ тождественно равен нулю.

Тогда вектор-столбец определим из выражения вида $G(x) = gE_1$, где E_1 - первый столбец единичной матрицы E , а g - константа. Очевидно, что для самого общего случая реализация принятых нами допущений, как правило, может обеспечиваться путём деления многомерной многоканальной нелинейной модели сложного объекта на составные части. При этом каждая из этих частей содержит одно управляющее воздействие. Кроме этого, как показывают результаты аналитических исследований, в состав этих частей целесообразно включать уравнение интегрирующих звеньев. Такой подход наиболее

полно описывает динамику возможных переходных процессов при самоорганизационной реализации управляющих воздействий.

Отметим, что первый элемент вектора x представляет одновременно фактическое управляющее воздействие объекта и выходной сигнал сервопривода, а управление u является входным сигналом интегрирующего звена. Перекрёстные связи между составными частями модели объекта при синтезе управлений могут сохраняться. Для удобства моделирования будем считать их постоянными.

Реализация синергетического управления по аналогии с подходом, описанным в [3], предполагает в случае использования модели (2) задавать критерий качества управления в виде

$$I = \int_{t_0}^{t_k} (Q_x + Ru^2) dt, \quad (3)$$

где $Q_x = x^T Bx$ - квадратичная форма с положительно определённой матрицей B ;

R - матрица коэффициентов управления состоянием динамической системы.

Искомое управление определяется из выражения

$$u_{on} = -\frac{1}{2} R^{-1} G^T(x) \left(\frac{\partial V}{\partial x} \right)^T, \quad (4)$$

где $\left(\frac{\partial V}{\partial x} \right)^T$ - вектор-столбец, вычисляемый из нелинейного уравнения (2) в частных производных из зависимости вида

$$f(x) \left(\frac{\partial V}{\partial x} \right) - \frac{1}{4} \left(\frac{\partial V}{\partial x} \right) G(x) R^{-1} G^T(x) \left(\frac{\partial V}{\partial x} \right)^T = -Q_x. \quad (5)$$

При произвольном текущем значении вектора x , соответствующих ему векторах $f(x)$ и $G(x)$, постоянной матрице B и коэффициенте R , управление u может вычисляться с использованием, например, известных методов характеристик или инвариантного погружения. Однако при этом необходимо интегрировать на интервале оптимизации в прямом и обратном времени системы уравнений довольно высокого порядка. Это связано с тем, что реальные объекты, описываемые нелинейными моделями вида (2), представляют собой распределённые, многомерные, многосвязные, иерархические структуры. Аналитические исследования показывают, что указанные методы при

использовании модели (2) дают лишь приближенное решение. Для обеспечения точности при организации управления сложными объектами в большинстве случаев это неприемлемо.

Устранения этой проблемы возможно за счет применения итеративного алгоритма прямого решения уравнения (5). Он не требует значительных вычислительных затрат на численное интегрирование уравнений вида (1) и соответствующих ему сопряженных уравнений (2) – (5).

Анализ структуры уравнений (4) и (5) предполагает следующие преобразований выражения (4). Вычтем из его левой и правой частей

выражение вида $\frac{1}{4} \frac{\partial V}{\partial x} G(x) R^{-1} G^T(x) \left(\frac{\partial V}{\partial x} \right)^T$.

Тогда получаем уравнение вида

$$\frac{\partial V}{\partial x} f(x) - \frac{1}{2} \frac{\partial V}{\partial x} G(x) R^{-1} G^T(x) \left(\frac{\partial V}{\partial x} \right)^T = -Q_x - \frac{1}{4} \frac{\partial V}{\partial x} G(x) R^{-1} G^T(x) \left(\frac{\partial V}{\partial x} \right)^T.$$

Эта зависимость с учётом (4) примет вид

$$\frac{\partial V}{\partial x} [f(x) + G(x)u_{on}] = -Q_x - Ru_{on}^2. \quad (6)$$

Итеративный алгоритм решения, объединяющий соотношения (4) и (6), представим системой двух уравнений

$$\left(\frac{\partial V}{\partial x} \right)_{(i+1)} [f(x) + G(x)u_{(i)}] = -Q_x - Ru_{(i)}^2, \quad (7)$$

$$u_{(i+1)} = -\frac{1}{2} R^{-1} G^T(x) \left(\frac{\partial V}{\partial x} \right)_{(i+1)}^T. \quad (8)$$

В уравнениях (7) и (8) индексом «i» обозначены данные, полученные на предыдущем шаге, а индексом «i+1» - данные, подлежащие определению на текущем шаге итеративных вычислений.

Используя этот алгоритм, предварительно задается величина $u = u_{(1)}$ (при $i = 1$) и решается, в отличие от уравнения (5), уравнение

в частных производных (7) относительно вектора $\left(\frac{\partial V}{\partial x} \right)_{(i+1)}$. Далее, в

соответствии с выражением (8) определяется (i+1) -е приближенное значение управляющего воздействия u , вносится изменение в правую и левую части уравнения (7), и цикл решения снова повторяется.

Поясним математический смысл предложенного итеративного алгоритма. В данной точке фазового пространства, содержащего вектор x , производная вектора $\dot{x} = \dot{x}_{(i)}$, соответствующий вектору $f(x)$ и управлению $u = u_{(i)}$, и правая часть уравнения (7), а именно величина, вычисляемая как $Q_x + Ru_{(i)}^2$, порождают в пространстве состояний объекта инвариантную поверхность $V_{(i+1)} = \text{const}$.

Описанная поверхность соответствующим образом ориентирована относительно вектора $\dot{x}_{(i)}$. В случае, когда эта ориентация оптимальная, функция $V_{(i+1)}$ обуславливает управление $u_{(i+1)} = u_{(i)}$ и, соответственно, вектор состояния системы $x_{(i)} = \dot{x}_{(i+1)}$.

Продолжение цикла решения не нарушает взаимную ориентацию векторов $\left(\frac{\partial V}{\partial x}\right)_{(i)}^T$ и $\dot{x}_{(i)}$. В противном случае производится обновление результатов вычисления управления из выражения (8), правой части (7), и результатов решения (7). Если этот итеративный процесс сходящийся, то при стремлении значения $i \rightarrow \infty$ решения уравнений (5) и (7) совпадают.

Для использования рассмотренного подхода предложим доступную для реализации методику решения уравнения (7) и определения пределов изменения управлений $u_{(i)}$ в итеративном процессе. Отметим, что на i -м шаге управления $u_{(i)}$, величины Q_x и R , а также векторы $f(x)$ и $G(x)$ считаются известными. Корреляция искомых

элементов вектора $\left(\frac{\partial V}{\partial x}\right)_{(i+1)}$ с известными данными задачи устанавли-

вается уравнением (7). Для задания однозначности решения в такой ситуации введем дополнительные условия на ориентацию поверхности $V_{(i+1)} = \text{const}$ относительно вектора $\dot{x}_{(i)}$. Зададим также требова-

ния, чтобы векторы $\left(\frac{\partial V}{\partial x}\right)_{(i+1)}$ и $f_{x(i)} = \dot{x}_{(i)} = f(x) + G(x)u_{(i)}$, были колли-

неарные. Наряду с этим поверхность уровня $V_{(i+1)}$ в точке x должна быть ортогональна вектору $f_{x(i)}$. Так как значение функции V в точ-

ке x фазового пространства состояния объекта и оценка оптимальности управления (3) при оптимальном нелинейном управлении совпадают, то вводимые условия соответствуют самому быстрому убыванию значения оценки (3) при переходе из точки текущего состояния x в начало фазового пространства.

Требования выбора вектора $\left(\frac{\partial V}{\partial x}\right)_{(i+1)}$ по условиям коллинеарности с вектором $f_{x(i)}$ соответствует цели оптимального нелинейного управления.

Однако, как показывают исследование, это требование приводит к существенному усложнению алгоритма решения. Предлагается дополнительно ввести в рассмотрение невырожденную постоянную матрицу K вида

$$K = \begin{vmatrix} K_1 & K_2 & K_3 & \cdots & K_n \\ 0 & K_1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & 0 & K_1 & \cdots & 0 \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ 0 & 0 & 0 & \cdots & K_1 \end{vmatrix}$$

и вектор $f_{y(i)} = Kf_{x(i)}$. Далее определяем вектор $\left(\frac{\partial V}{\partial x}\right)_{(i+1)}$ по условию ортогональности вектора $f_{y(i)}$ к поверхности $V_{(i+1)}$ в точке x фазового пространства состояния нелинейного объекта. В случае, когда коэффициенты $K = 1$ и $K_i = 0, (i = 1, n)$, матрицы $K = E$, вектор $f_{y(i)} = f_{x(i)}$, а решение задачи соответствует исходной ситуации. В противном случае, выбирая значение коэффициентов $K_i (i = 1, n)$, можем влиять на свойства получаемых решений. Преобразование, реализация которого обеспечит желаемую ориентацию вектора $f_{y(i)}$ и поверхности $V_{(i+1)}$ в точке x , зададим матрицей

$$S^{-1} = \begin{vmatrix} f_1 & -f_2 & -f_3 & \cdots & -f_n \\ f_2 & f_1 & 0 & \cdots & 0 \\ f_3 & 0 & f_1 & \cdots & 0 \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ f_n & 0 & 0 & \cdots & f_1 \end{vmatrix},$$

где $f_1, \dots, f_n$ - значение элементов вектора $f_{y(i)}$. Определитель этой матрицы вычисляется по формуле $\Delta = f_1^{n-2} f_{y(i)}^T f_{y(i)}$, содержащей в правой части сомножитель f_1 . Следовательно, если элементы вектора $f_{y(i)}$, выражаемые величиной $f_1 \neq 0$, то матрица S^{-1} - невырожденная, и существует обратная ей матрица S . Введём выражение элементов первой строки этой матрицы

$$S_{1k} = (f_{y(i)}^T f_{y(i)})^{-1} f_k, (k = 1, n). \quad (9)$$

Также вводим преобразование $\dot{Z} = SK\dot{x}$. Тогда вектор $f_{z(i)} = S f_{y(i)} = SK f_{x(i)}$. Основное свойство преобразования $\dot{Z}$ и вектора $f_{z(i)}$ состоит в том, что если не все элементы вектора $f_{y(i)}$ одновременно равны нулю, то $f_{z(i)} = E_1$. Это значит, что на новой фазовой плоскости состояние объекта (1) с управлением u_i будем описывать выражением вида

$$\dot{Z} = f_{z(i)}. \quad (10)$$

Кроме этого, в произвольный момент времени не равен нулю только первый элемент вектора $\dot{Z}$.

Используя матрицы K и S , запишем (7) в эквивалентной форме

$$\left(\frac{\partial V}{\partial x} \right)_{(i+1)} K^{-1} S^{-1} S K f_{x(i)} = -Q_x - R u_{(i)}^2.$$

После упрощения этого выражения получим

$$\left(\frac{\partial V}{\partial Z} \right)_{(i+1)} E_1 = -Q_x - R u_{(i)}^2, \quad (11)$$

где

$$\left(\frac{\partial V}{\partial Z} \right)_{(i+1)} = \left(\frac{\partial V}{\partial x} \right)_{(i+1)} K^{-1} S^{-1} \quad (12)$$

Представляет n -мерный вектор частных производных функции V в системе координат новой фазовой плоскости состояния системы.

С учётом свойств соотношений (10) и (11) первый элемент вектора $\left(\frac{\partial V}{\partial Z} \right)_{(i+1)}$ будет равен $-(Q_x + K u_{(i)}^2)$, а остальные элементы - нулевые. При этом справедливо выражение

$$\left(\frac{\partial V}{\partial Z}\right)_{(i+1)} = -E_1^T(Q_x + Ru_{(i)}^2). \quad (13)$$

Тогда с учетом выражений (12) и (13) справедливо выражение

$$\left(\frac{\partial V}{\partial x}\right)_{(i+1)} = -E_1^T S K (Q_x + Ru_{(i)}^2). \quad (14)$$

Входящее в правую часть (14) произведение $E_1^T S$ имеет размерность n -мерной строки и совпадает с первой строкой матрицы S . Её элементы определяются из зависимости (9). Следовательно, предыдущее соотношение с учётом корреляции векторов $f_{x(i)}$ и $f_{y(i)}$ представим в виде

$$\left(\frac{\partial V}{\partial x}\right)_{(i+1)}^T = -\left(\frac{Q_x + Ru_{(i)}^2}{f_{x(i)}^T K^T K f_{x(i)}}\right) K^T K f_{x(i)}, \quad (15)$$

где $f_{x(i)} = f(x) + G(x)u_{(i)}$ - правая часть уравнения (1). В случае, когда матрица $K = E$, знаменатель выражения (13) с учётом структуры модели (1) записывается в виде

$$f^T(x)f(x) + q^2 u_i^2. \quad (16)$$

Результаты.

Результатом математических изложений из зависимостей (11)-(16)

получаем выражения для формирования управляющих воздействий, адекватное выражению (8), в виде

$$u_{(i+1)} = \left(\frac{Q_x + Ru_{(i)}^2}{2R[f_{x(i)}^T f_{x(i)} + q^2 u_{(i)}^2]}\right) q^2 u_{(i)}.$$

Выводы.

Таким образом, предложенный итеративный алгоритм позволяет формировать нелинейные управляющие воздействия для сложных динамических систем. Реализация этого алгоритма позволит существенно упростить вычислительные процедуры при организации синергетического управления большими динамическими объектами.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Каранетян Р.М.* Алгоритмы оценки качества и синтеза линейных систем управления. Рига: ЛРП ВНТОМ, 1989, - 52 с., библиогр. 9 наимен.
2. *Красовский А.А.* Справочник по теории автоматического управления М.: Наука. Гл. ред. физ. мат. лит., 1987. – 712с.
3. *Колесников А.А.* Проблемы системного синтеза: тенденции развития и синергетический подход // Управление и информационные технологии. Всероссийская конференция 3-4 апреля 2003 г. Санкт-Петербург. Сборник докладов в двух томах. Том 1. с.5-12.
4. *Хакен Г.* Синергетика: Иерархия неустойчивостей в самоорганизующихся системах и устройствах: Пер. с англ. – М.: Мир, 1985. – 423 с., ил.

«УМНЫЙ ПОЧТАЛЬОН» – АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА СБОРА НОВОСТНЫХ ЛЕНТ

ВВЕДЕНИЕ

Одна из проблем нахождения информации в сети Интернет обусловлена несовершенными и разрозненными форматами представления информации. На текущий момент данные, распространяемые по сети, наиболее часто представлены в следующих форматах: HTML, PDF, Office (DOC, XLS), Flash (SWF), XML. Каждый формат имеет недостатки в плане анализа информации. Поиск одновременно простого, функционального и унифицированного стандарта привел к созданию RSS-формата. RSS – это основанный на XML формат, предназначенный для сбора информации [1]. В RSS транслируется только полезное содержание без каких-либо элементов дизайна, навигации. Использование XML, формата гибкого и расширяемого, позволяет легко приспособливать RSS под самые разнообразные задачи. Самой востребованной оказалась задача передачи динамического контента (например, последние новости, курсы валют или сводки погоды), и применение в этих целях RSS-потока оказалось самым подходящим решением, гораздо более мощным и гибким, чем традиционные и давно привычные информеры. Для работы с новостными лентами разработаны два вида программного обеспечения: службы синдикации и службы агрегации. Если службы синдикации нацелены на сбор и доставку информации в единое хранилище, то службы агрегации используются для чтения этих информационных потоков. RSS-агрегаторы - специальные программы, с помощью которых пользователи могут получать доступ к данным из информационных ресурсов в формате RSS. Программное обеспечение по обработке новостных лент в формате RSS (агрегаторы) решают проблему поиска и доставки информации, но оставляют без должного внимания такие задачи, как обобщение данных, их обработку и анализ, то есть не уделяют внимание содержанию загруженной информации. Это влечет большую избыточность обрабатываемых данных. Серьезной проблемой остается многократное дублирование сообщений в информационных потоках. И с каждым

днем эта проблема приобретает все большие масштабы. Ведь, как известно, сообщения многократно дублируются в экспоненциально растущем количестве сайтов, в то время, как количество заслуживающих внимания источников растет линейно. Очень часто различные ресурсы содержат один и тот же контент. Учесть явно дублирующуюся информацию не представляет проблем, однако дублирующиеся по смыслу сообщения выявляются не так легко, и здесь на помощь приходят алгоритмы сопоставления контента, сравнения и вероятностных оценок.

На сегодняшний день разработано крайне мало программ предоставляющих расширенный инструментарий по анализу и обработке новостных лент. Существуют множество наработок, подходов и решений по данной проблеме, однако данная область еще должным образом не формализована. Таким образом, разработка интеллектуальных автоматизированных программ для получения информации из новостных лент в настоящее время особенно актуальна.

В качестве решения данной проблемы предлагается метод интеллектуальной фильтрации информационных потоков и разработанная на его основе автоматизированная система сбора новостных лент «Умный почтальон».

Метод интеллектуальной фильтрации новостных сообщений

Идея метода состоит в сравнении текстов сообщений и определении степени их схожести с использованием алгоритмов анализа строк [2,3]. Прямой подход к решению этой задачи сводится к разбиению сообщений на предложения и сравнению множеств, полученных при разбиении. То есть, сравнение методом полного перебора, каждого предложения с каждым. При больших объемах информации данный подход в лучшем случае будет работать долго, в худшем – может вообще не выполниться. Необходимо реализовать подход, при котором возможно сравнение сообщений за допустимое время. Для этого предлагается выделить для сравнения из текстов лишь предложения со схожими параметрами.

Вводится понятие фантом. Фантом – это часть слова, полученная в результате простого отсечения заданного числа символов от конца слова. Число отсекаемых символов не вычисляемое, а задается как внешний статический параметр. Введение понятия «фантом»

позволяет без дополнительных синтаксических и морфологических анализов определить схожесть слов в различных формах. А также исключает из сравнения слова маленькой длины (в основном это, предлоги, местоимения), которые несут второстепенную смысловую нагрузку.

Для описания метода вводятся дополнительные параметры:

A1 – число отсекаемых символов (внешний статический параметр),

A2 – длина фантома,

N1 – число элементов в предложении (число фантомов),

M1 – максимальная длина фантома в предложении ($M1 = \max\{A2\}$),

M2 – минимальная длина фантома в предложении ($M2 = \min\{A2\}$).

Процесс работы алгоритма можно описать следующей последовательностью действий:

1. задается значения A1 пользователем (или системой по умолчанию);
2. рассчитываются значения A2;
3. рассчитывается число элементов в предложении (N1);
4. рассчитываются значения M1 и M2 – минимальная и максимальная длины фантомов в предложении;
5. выделяются предложения для обработки. Выборка происходит по рассчитанным для каждого предложения параметрам: N, M1, M2.
6. затем вычисляется функция похожести выделенных предложений.
7. осуществляется фильтрация схожих текстов.

Пусть необходимо сравнить два предложения. Относительно небольшое число элементов в предложении (до 10) и небольшая длина «фантомов» слов позволяют вычислить матрицу их похожести методом «грубой силы», то есть непосредственно вычислить функцию похожести для каждой уникальной пары элементов из двух предложений. Таким образом, функция похожести i элемента одного предложения с j элементом второго предложения ($F_{eq}(i, j)$) запишется в виде:

$$F_{eq}(i, j) = \frac{Q_{eq}}{M_{eq}} \times 100 \%;$$

$$M_{eq} = \max(A_2^i, A_2^j);$$

$$i \in [1, m], j \in [1, n],$$
(1)

где Q_{eq} - число символов совпадающих в сравниваемых элементах,

M_{eq} - длина большего из двух сравниваемых элементов, m - число элементов в первом предложении, n - число элементов во втором предложении.

Значения функций похожести формируют матрицу схожести предложений A , в которой элемент $a(i, j)$ равен значению функции похожести между элементом i первого предложения и элементом j второго предложения.

Для получения окончательного результата нужно обработать матрицу похожести. Одним из вариантов такой обработки является вычисление стоимости оптимального покрытия. Покрытием матрицы A размерности $[m, n]$ будем называть множество, состоящее из $\max(m, n)$ элементов матрицы, взятых из разных строк и разных столбцов. Таким образом, в покрытии матрицы нет двух элементов в одной строке или в одном столбце. Стоимостью покрытия матрицы похожести будем называть сумму значений элементов покрытия. Будем называть покрытие оптимальным, если его стоимость максимальна среди всех возможных покрытий.

В отличие от расстояния редактирования стоимость покрытия «нечувствительна» к перестановкам слов. В некоторых случаях это слишком «огрубляет» функцию сравнения. Для устранения этой ситуации вводится «штраф» для слов, находящихся далеко друг от друга.

Важный вопрос, который возникает при вычислении оптимального покрытия — эффективность. Если в предложении небольшое число слов (до 10 элементов), то для расчета функции похожести можно использовать переборные методы. Для больших матриц необходимо использовать эмпирические методики сокращения перебора.

Для наилучшей оптимизации решения предлагается:

1. Выбирать небольшие значения штрафа за перемещения и перестановку слов.
2. Установить большой «порог» минимально допустимого ненулевого значения функции похожести слов.

Подобный подход позволяет значительно уменьшить число ненулевых значений матрицы, а, следовательно, и число шагов перебора.

Степень похожести двух предложений i и j предлагается вычислять по следующей формуле:

$$F_{eq}^{sent}(i, j) = \frac{MC}{M_{eq}^{sent}} \times 100\% ;$$

$$M_{eq}^{sent} = \max(N1_i, N1_j);$$

$$i \in [1, k], j \in [1, l],$$
(2)

где MC - максимальное покрытие матрицы значений похожести слов, M_{eq}^{sent} - число элементов в более длинном из сравниваемых предложений, k - число предложений в первом сравниваемом фрагменте текста, l - число элементов во втором тексте.

Конечным результатом сравнения предложений является нахождение метрики μ , которая численно показывает степень схожести двух сообщений.

Данная метрика вычисляется по формуле:

$$\mu = \frac{2 \times S_F}{N_F};$$

$$S_F = \sum_{i,j}^{N_F} F_{eq}^{sent}(i, j);$$

$$N_F = \max(k, l),$$
(3)

где S_F - сумма всех вычисленных значений похожести предложений,

N_F - количество предложений в большем фрагменте текста.

Таким образом, μ - это среднее значение функции похожести среди всех обработанных предложений. Данная метрика является основным критерием отбора в предлагаемом методе фильтрации.

Система сравнивает полученное значение с некоторым определенным пороговым значением α . Экспериментальным путем пороговое значение α для разрабатываемой автоматизированной системы было установлено равным 70.

В результате предложенный метод позволяет определить схожесть текстов, которые содержат одинаковые блоки информации в разной последовательности.

Автоматизированная система «Умный почтальон»

Автоматизированная система (АС) сбора новостных лент представляет собой RSS-агрегатор с расширенными функциональными возможностями. Основной особенностью системы является извлечение информации из сети Интернет с использованием метода интеллектуальной фильтрации.

АС состоит из двух частей: интерфейсная часть (программа, отвечающая за работу с пользователями) и монитор системы (агент, отвечающий за обновление информации и фильтрацию новостных потоков).

Интерфейс программы позволяет средствами пользовательских настроек устанавливать значения параметра $A1$, интервала обновления новостей и других параметров обновления (например, выбор интересующих адресов ресурсов). Здесь же в интерфейсной части можно получить доступ к загруженным новостным лентам, уже обработанным и отфильтрованным.

Модуль агента с заданным интервалом периодичности обращается к базе данных и по заданным параметрам загружает новости из сети Интернет. При загрузке каждой новостной ленты она подвергается обработке. Агент производит фильтрацию на основе предложенного метода. Монитор системы предоставляет информативные сообщения про обновления в базе. Здесь можно просмотреть какие новостные сообщения сравнивались, значение их схожести, найденное разработанным алгоритмом, а так же количество новостей вновь поступивших и добавленных в базу. По окончании загрузки программа предоставляет пользователю обновленные данные.

Для работы с данными АС «Умный почтальон» предоставляет пользователю набор стандартных функциональностей программы-агрегатора.

Выводы

Разработанный метод на достаточном уровне решает задачу интеллектуальной фильтрации информации, поступающей из сети Интернет. Он позволяет избавить пользователя от дополнительного и избыточного анализа требуемых данных, тем самым уменьшая затраты ресурсов и времени. Применение метода в системах автоматизации бизнес-процессов позволит улучшить качество обрабатываемой информации и увеличить скорость ее обработки. Система «Умный почтальон» прошла пробные испытания и может быть использована в качестве персонального агрегатора. Результаты полученные при апробации АС «Умный почтальон» могут быть использованы при построении других систем обработки текстовой информации, а сама система может выступать в качестве подсистемы работы с Интернет ресурсами в сложных системах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Mark Pilgrim Что такое RSS? (перевод: Александр Качанов), (Документ WWW), URL:
<http://www.webmascon.com/topics/technologies/9a.asp>, 11.05.2008
2. Левенштейн В.И. "Бинарное кодирование удалений, вставок и замен" Доклады академии наук СССР, выпуск 163.
3. Simon Harris and James Ross, Beginning Algorithms / Published 2006 by Wiley Publishing, Inc., Indianapolis, Indiana, 564 pages.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ В КАЧЕСТВЕ МЕТОДА УПРАВЛЕНИЯ СЛОЖНЫМИ СИСТЕМАМИ

Проблематика

Судьба нечеткой логики, как нового научного направления, сходна с ее содержанием - необычна, сложна и парадоксальна. Обвинения в шаманстве и лженаучности преследуют ее уже более четверти века. В США еще помнят времена, когда увлечение теорией Заде могло всерьез повредить карьере молодого ученого. Достаточно сказать, что даже в 1989 году, когда примеры успешного применения нечеткой логики в обороне, промышленности и бизнесе исчислялись десятками, Национальное научное общество США всерьез обсуждало вопрос об исключении материалов по нечетким множествам из институтских учебников.

Параллельно с использованием нечеткой логики в системах управления, предпринимались энергичные усилия по созданию на ее основе нового поколения экспертных систем. Как отмечает Коско, нечеткие экспертные системы, помимо своего основного преимущества - лучшей адаптации к условиям реального мира, обладают еще двумя достоинствами по сравнению с традиционными. Во-первых, они свободны от т.н. «циклических блокировок» при построении заключений. Во-вторых, различные базы нечетких правил можно с легкостью объединять, что редко удается в обычных экспертных системах.

Целью данной работы является изучение существующих методов управления сложными системами, а именно управление сложными объектами с помощью использования теории нечеткой логики.

Анализ

В основе нечеткой логики лежит теория нечетких множеств, изложенная в серии работ Заде в 1965-1973 годах. Надо сказать, что понятие нечеткого множества вполне согласуется с нашими интуитивными представлениями об окружающем мире. Большая часть используемых нами понятий по своей природе нечетки и размыты, а попытки загнать их в рамки двоичной логики приводят к недопустимым искажениям.

Несмотря на внешнюю простоту и естественность базовых понятий нечеткой логики, понадобилось более пяти лет, чтобы построить и доказать комплекс постулатов и теорем, делающих логику логикой, а алгебру - алгеброй. Параллельно с разработкой теоретических основ новой науки, Заде прорабатывал различные возможности ее практического применения. И в 1973 году эти усилия увенчались успехом - ему удалось показать, что нечеткая логика может быть положена в основу нового поколения интеллектуальных систем управления. Практически сразу после выхода в свет фундаментального доклада Заде одна небольшая предприимчивая фирма из Дании применила изложенные в нем принципы для усовершенствования системы управления сложным производственным процессом. Результат, что называется, превзошел все ожидания - через четыре года прибыли от внедрения новой системы исчислялись десятками тысяч долларов.

В начале 80-х годов в Японии, а затем и в США в обстановке глубокой секретности были развернуты комплексные работы по использованию нечеткой логики в различных оборонных проектах. Одним из самых впечатляющих результатов стало создание управляющего микропроцессора на основе нечеткой логики. Первый успех окрылил военных, и нечеткая логика уверенно заняла свое место в ряду стратегически важных научных дисциплин. Возникла парадоксальная ситуация - официально не признаваемая американской академической наукой, нечеткая логика в то же время вошла в перечень передовых технологий, запрещенных комитетом СОСОМ к экспорту из США.

Однако японцы довели практическое воплощение нечеткой логики до совершенства, применив нечеткую логику в дешевых изделиях массового рынка - пылесосах, видеокамерах, микроволновых печах и т.п.

Пионером в применении нечеткой логики в бытовых изделиях выступила фирма Matsuhita. В феврале 1991 года она анонсировала первую «интеллектуальную» стиральную машину, в системе управления которой сочетались нечеткая логика и нейронная сеть. Автоматически определяя нечеткие входные факторы (объем и качество белья, уровень загрязненности, тип порошка и т.д.), стиральная машина безошибочно выбирала оптимальный режим

стирки из 3800 возможных. А спустя пару лет применение нечеткой логики в японской бытовой технике стало повсеместным.

Области применения нечеткого управления

На данный момент использование нечеткого управления рекомендуется в следующих случаях:

- для очень сложных процессов, когда не существует простой математической модели;
- для нелинейных процессов высоких порядков;
- если должна производиться обработка (лингвистически сформулированных) экспертных знаний.

Использование нечёткого управления не рекомендуется применять в ситуациях, когда:

- приемлемый результат может быть получен с помощью общей теории управления;
- уже существует формализованная и адекватная математическая модель;
- проблема не разрешима.

Области применения нечёткого управления:

- Упрощенное управление роботами (Hirota, Fuji Electric, Toshiba, Omron)
- Наведение телекамер при трансляции спортивных событий (Omron)
- Замена экспертов при анализе работы биржи (Yamaichi, Hitachi)
- Эффективное и стабильное управление автомобильными двигателями (Nissan)
- Оптимизированное планирование автобусных расписаний (Toshiba, Nippon-System, Keihan-Express)
- Системы прогнозирования землетрясений (Inst. of Seismology Bureau of Metrology, Japan)
- Медицина: диагностика рака (Kawasaki Medical School)
- Распознавание рукописных символов в карманных компьютерах (записных книжках) (Sony)
- Распознавание движения изображения в видеокамерах (Canon, Minolta)

- Распознавание рукописных текстов, объектов, голоса (CSK, Hitachi, Hosai Univ., Ricoh)
- САПР производственных процессов (Aptronix, Harima, Ishikawajima-OC Engeneering)

Основные этапы построения систем интеллектуального управления на основе нечёткой логики:

- Определение входов и выходов создаваемой системы;
- Задание для каждой из входных и выходных переменных функции принадлежности;
- Разработка базы правил для реализуемой нечёткой системы;
- Выбор и реализация алгоритма нечёткого логического вывода;
- Анализ результатов работы созданной системы (выяснение того, насколько разработанная модель адекватна реальности).

Нечеткая логика в бизнесе и финансах

Отдельного внимания заслуживает опыт применения нечеткой логики в финансовой сфере. Для решения сложнейших задач прогнозирования различных финансовых индикаторов банкиры и финансисты используют дорогостоящие комплексные системы, в состав которых входит и нечеткая логика. Начало этому процессу положила японская финансовая корпорация Yamaichi Securuties. Задавшись целью автоматизировать игру на рынке ценных бумаг, эта компания привлекла к работе около 30 специалистов по искусственному интеллекту. В первую версию системы, завершенную к началу 1990 года, вошли 600 нечетких правил - воплощение опыта десяти ведущих брокеров корпорации. Прежде чем решиться на использование новой системы в реальных условиях, ее протестировали на двухлетней выборке финансовых данных (1987-1989 г). Система с блеском выдержала испытание. Особое изумление экзаменаторов вызвало то, что за неделю до наступления биржевого краха (знаменитого «Черного Понедельника» на токийской бирже в 1988 году) система распродала весь пакет акций, что свело ущерб практически к нулю. Надо ли говорить, что после этого вопрос о целесообразности применения нечеткой логики в финансовой сфере

уже не поднимался. Хотя скептики могут привести и другие примеры - например, ни одна из банковских систем не смогла предсказать падение биржевого индекса Nikkei весной 1992 года.

Что касается украинского рынка коммерческих систем на основе нечеткой логики, то его формирование началось в середине 1995 года. Основными «потребителями» нечеткой логики на рынке Украины являются банкиры и финансисты, а также специалисты в области политического и экономического анализа. Они используют CubiCalc для создания моделей различных экономических, политических, биржевых ситуаций. Что же касается изумительно легкого в освоении пакета FuziCalc, то он занял свое место на компьютерах крупных банкиров и специалистов по чрезвычайным ситуациям - т.е. тех, для кого более всего важна быстрота проведения расчетов в условиях неполноты и неточности входной информации. Однако можно с уверенностью сказать, что эпоха расцвета прикладного использования нечеткой логики на национальном рынке еще впереди.

Оценка экономической эффективности инвестиционных проектов

Обширная практика проведения реальных прогнозных расчетов инвестиционных проектов (ИП) свидетельствует о необходимости всестороннего учета различных видов неопределенности при оценке, планировании и управлении инвестиционными проектами. Действительность такова, что влияние факторов неопределенности на ИП приводит к возникновению непредвиденных ситуаций, приводящих к неожиданным потерям, убыткам, даже в тех проектах, которые первоначально признаны экономически целесообразными для предприятия, поскольку не учтенные в ИП негативные сценарии развития событий, пусть и малоожидаемые, тем не менее, могут произойти и сорвать реализацию инвестиционного проекта. Учет неопределенности информации и его эффективность напрямую зависят от выбора математического аппарата, определяемого математической теорией. Этап обоснования и выбора математического аппарата, обеспечивающего приемлемую формализацию неопределенности и адекватное решение задач, возникающих при управлении реальными инвестициями, является крайне важным. Необоснованный и как, следствие, не правильный выбор математического аппарата, в основном, приводит к неадекватности созданных математических моделей, получению неверных

результатов в процессе их применения и, соответственно, возникает недоверие к полученным результатам, и игнорируются выводы на их основе.

Выше проведенный анализ методов количественной оценки эффективности ИП в условиях неопределенности позволяет сделать вывод, что существующие методы, либо элиминируют неопределенность из модели ИП, что неправомерно, так как неопределенность является неотъемлемой характеристикой любого прогноза, либо неспособны формально описать, и учесть все возможное разнообразие видов неопределенности. Подавляющее большинство методов формализует неопределенности лишь в качестве распределений вероятностей, построенных на основе субъективных экспертных оценок, что в очень большом количестве случаев является явно идеализированным. Таким образом, в данных методах неопределенность, независимо от ее природы, отождествляется со случайностью, и поэтому они не позволяют учесть все возможное разнообразие видов неопределенностей воздействующих на ИП. Как уже отмечалось, использование вероятностного подхода в инвестиционном анализе затрудняется причинами, связанными с отсутствием статистической информации или малым (недостаточным) размером выборки по некоторым из параметров ИП, что обусловлено уникальностью каждого ИП. Кроме того, точность оценки вероятностей (объективных и субъективных) зависит от множества факторов, начиная от качества статистической информации и заканчивая качеством экспертных оценок, поэтому и качество результирующей оценки эффективности и риска ИП слишком сильно зависит от них, что послужило росту недоверия к получаемым на их основе прогнозным оценкам и решениям. В связи с этим среди топ-менеджеров, банкиров, финансистов сложилось мнение, что подавляющее большинство прогнозных расчетов слишком идеализированы и далеки от практики. Многие предпочитают работать на основе опыта и интуиции.

Это обусловлено, в том числе следующими основными причинами:

-спецификой предметной области исследования, так как она находится на стыке современной прикладной математики, экономики и психологии;

-относительной новизной и недостаточной проработанностью математических методов анализа ИП в условиях неопределенности;

-низкой осведомленностью топ-менеджеров предприятий и специалистов в области финансов о новых математических подходах формализации и одновременной обработки разнородной информации (детерминированной, интервальной, лингвистической, статистической) и о возможностях построения на базе этих подходов специализированных методик.

Методы, базирующиеся на теории нечетких множеств, относятся к методам оценки и принятия решений в условиях неопределенности. Их использование предполагает формализацию исходных параметров и целевых показателей эффективности ИП (в основном, NPV) в виде вектора интервальных значений (нечеткого интервала), попадание в каждый интервал которого, характеризуется некоторой степенью неопределенности. Осуществляя арифметические и др. операции с такими нечеткими интервалами по правилам нечеткой математики, эксперты и ЛПР получают результирующий нечеткий интервал для целевого показателя. На основе исходной информации, опыта, и интуиции эксперты часто могут достаточно уверенно количественно охарактеризовать границы (интервалы) возможных (допустимых) значений параметров и области их наиболее возможных (предпочтительных) значений.

Также к методам, базирующихся на теории нечетких множеств, можно, в качестве частного случая, отнести давно и широко известный интервальный метод. Данный метод соответствует ситуациям, когда достаточно точно известны лишь границы значений анализируемого параметра, в пределах которых он может изменяться, но при этом отсутствует какая-либо количественная или качественная информация о возможностях или вероятностях реализации различных его значений внутри заданного интервала. В соответствии с данным методом, входные переменные ИП задаются в виде интервалов, функции принадлежности которых, являются классическими характеристическими функциями множества, поэтому далее возможно прямое применение правил нечеткой математики для получения результирующего показателя эффективности ИП в интервальном виде.

Краткие итоги

Формы нечеткого описания исходной информации в задачах принятия решений могут быть различными; отсюда и различия в математических формулировках соответствующих задач нечеткого математического программирования (НМП).

Таким образом, сравнительный анализ традиционных методов оценки эффективности долгосрочных инвестиций, существующих методов формирования оптимального портфеля ИП и нечетко-интервального метода показал, что ТНМ является одной из наиболее эффективных математических теорий, направленных на формализацию и обработку неопределенной информации и во многом интегрирующей известные подходы и методы. ТНМ в очередной раз подтверждает широко известную исследователям истину: применяемый формальный аппарат по своим потенциальным возможностям и точности должен быть адекватен семантике, и соответствовать точности используемых исходных данных. Поэтому методы математического анализа эффективно применяются при точных исходных данных. Математическая статистика и теория вероятностей используют экспериментальные данные, обладающие строго определенной точностью и достоверностью. Теория нечетких множеств позволяет обрабатывать разнородную информацию, характерную для реальных задач управления сложными системами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Zadeh L. Fuzzy Sets // Information and Control. – 1965. - N.8(3) – P. 338-353.
2. Zadeh L. Outline of a New Approach to the Analysis of Complex Systems and Decision Processes // IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics. – 1973. – N.3(1).-P.28-44.
3. Kaufmann, Arnold, and Gupta, Madan M. Introduction to Fuzzy Arithmetic. - Thomson Computer Press, 1991.
4. Масалович А.И. Этот нечеткий, нечеткий, нечеткий мир// PC Week. – RE.,1995. - N.16.
5. Дюбуа Д., Прад А. Теория возможностей. Приложения к представлению знаний в информатике. - М.: Радио и связь,1990. – С.288.
6. Заде Л.А. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. - М.: Мир,1976. – С.165.

7. Кобринский Б.А. Отражение образного мышления в системах искусственного интеллекта // VI Межд.конф. "Знание-Диалог-Решение" KDS-97: Сб. науч.тр. Ялта,1997 - Т.1.- С.29-36.
8. Поспелов Д.А. Ситуационное управление: теория и практика. - М.: наука, 1986. – С. 288.
9. Шошин П.Б. Размытые числа как средство описания субъективных величин // Статистические методы анализа экспертных оценок. - М.: Наука,1977. - С.234-250.
- 10.Capocelli R., De Luca A. Fussy sets and decision theory // Information and control. - 1973. - N3. - P. 446-473.
- 11.Zadeh L.A. Discussion: Probability theory and fuzzy logic are complementary rather than competitive // Technometrics. - 1995. - N 3. - P.271-276.
- 12.Яров В.А. Стратегия социологического исследования. М., 1998, - С. 387.

СОВРЕМЕННЫЕ ВЕБ-СИСТЕМЫ И ПРОБЛЕМЫ БЫСТРОДЕЙСТВИЯ КЛИЕНТСКИХ ПРИЛОЖЕНИЙ

В веб-приложениях нового поколения особое внимание уделяется степени удовлетворенности пользователя работой с приложением. В первую очередь идет речь об интерактивности приложения, во вторую очередь – о его производительности. Производительность оттесняется на второе место, уступив место удобству работы пользователя, поскольку в настоящее время поиск высокопроизводительной вычислительной машины для обеспечения работы той или иной системы, использующейся в малом и среднем бизнесе, не является проблемой. Но при попытке обеспечить должный уровень быстродействия взаимодействия с пользователем, разработчики сталкиваются с определенным числом вопросов. Поскольку речь идет о моделировании системы, которая по своей природе является веб-приложением, то возникает ряд вопросов, связанных с тем, каким образом обеспечить пользователю должный уровень «реактивности» приложения? Актуальность данного вопроса особенно повышается, если рассмотреть моделируемый веб-проект как продукт, который будет использоваться большим числом людей, которые в конечном итоге определяют степень удобства его использования, а в итоге и экономическую эффективность.

Проблема формулируется следующим образом: как обеспечить качество взаимодействия веб-проекта с конечным пользователем на уровне windows forms приложения? В настоящее время существуют несколько возможных подходов к решению данной задачи. Суть всех методов сводится к следующему: необходимо устранить основную причину замедления взаимодействия пользователя с веб-системой, - избавиться от постоянных перезагрузок страницы при обратной отправке данных на сервер. Данный шаг во-первых сэкономит время и нервы пользователя, во-вторых сэкономит тот объем информации, который будет передан по сети. Передача данных практически во всех методах происходит асинхронно, с помощью объекта XMLHttpRequest, который анонсировала фирма Microsoft в 2000г. Из существующих приемов повышения реактивности клиентских

приложений, следует выделить три метода: 1. Использование технологии AJAX, 2. Использование технологии Flash, 3. Использование технологии Silverlight. Все три подхода основываются на одном и том же принципе. Единственным отличием является то, какой набор инструментов программирования предоставляется для обеспечения необходимой функциональности на клиентской стороне. AJAX – это просто пересылка данных, не более и не менее. Поэтому в случае с AJAX технологией, вся обработка данных ложится на JavaScript, что само по себе является весьма неудобным, даже если учесть, что данные возвращаются в JSON нотификации и представляют из себя готовые JavaScript-объекты, поскольку возможности JavaScript в контексте веб-приложений довольно скромные и ограничиваются работой с DOM и работой с ActiveX-объектами. В отличие от обычного AJAX, Flash и Silverlight предоставляют богатый набор инструментов, которыми может пользоваться разработчик на стороне клиентской части веб-приложения. Данная возможность обеспечивается «толстым клиентом», через которого работают обе технологии. Другими словами, возможности JavaScript расширяются с помощью дополнительных библиотек, add-on-ов и ActiveX-объектов.

Ключевым компонентом стратегии разработки веб-приложений следующего поколения корпорации Майкрософт является новая технология Microsoft® Silverlight™, которая прежде имела кодовое название «WPF/E». Предназначенная для использования возможностей Windows® Presentation Foundation в Интернете технология Silverlight предоставляет богатое содержимое, обеспечивающее эффект присутствия и поддерживающее все остальные среды разработки веб-приложений, включая AJAX ASP.NET.

Чтобы охватить веб-сообщество целиком, Silverlight должна успешно выполняться на ряде популярных операционных систем и в популярных обозревателях. В результате первый выпуск поддерживает обозреватели Firefox и Safari для операционной системы Mac OS X, а также обозреватели Firefox и Internet Explorer® для операционной системы Windows. Поддержка других операционных систем и обозревателей будет добавлена в дальнейшем. В добавление к этим возможностям Silverlight также является

полностью самодостаточной и не зависит от других продуктов, например от проигрывателя Windows Media® для воспроизведения видео и платформы Microsoft .NET Framework 3.0 для преобразования XAML.

По сути Silverlight является подключаемым модулем обозревателя для обработки XAML, представляющим обозревателю внутреннюю модель DOM и модель событий с помощью сценариев. Поэтому проектировщик может создать документ XAML с графикой, анимацией и диаграммами, а разработчик может подключить этот документ к коду на странице для обеспечения функциональных возможностей. Поскольку язык XAML основан на XML, документ, определяющий загружаемый клиенту пользовательский интерфейс, является текстовым и поэтому не вызывает конфликтов с поисковыми системами и брандмауэрами. Кроме того, XAML может собираться и создаваться серверным приложением во время выполнения, что предоставляет не только насыщенный графический, но и динамический интерфейс с широкими возможностями настройки.

Структура простого приложения Silverlight, использующего статический файл XAML для определения пользовательского интерфейса и JavaScript для обработки событий, показана на рис. 1.

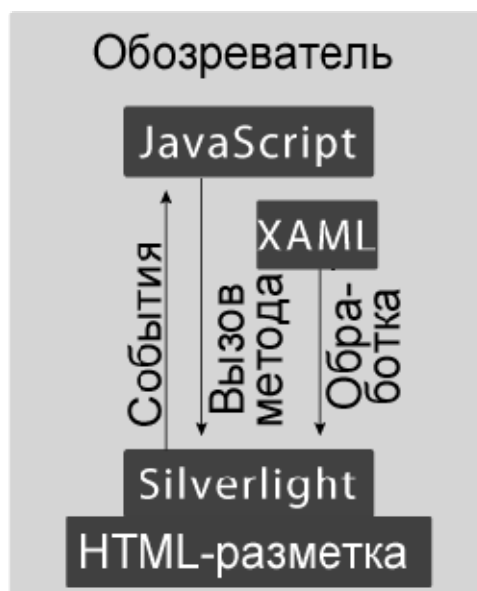


Рисунок 1 – Структура простого приложения Silverlight

Обозреватель создает экземпляр подключаемого модуля и в качестве части этого процесса загружает файл XAML. События в этом файле, например, нажатие кнопки, перехватываются обозревателем и

обрабатываются JavaScript. Благодаря представлению модели DOM содержимого Silverlight JavaScript может также динамически обновлять содержимое Silverlight, изменяя состояние сформированного содержимого.

Архитектура, поддерживающая приложение Silverlight, показана на рис. 2. Основным интерфейсом программирования является интерфейс API модели DOM JavaScript. Это позволяет отвечать на события, вызванные в XAML Silverlight (например, по завершении загрузки содержимого или окончании воспроизведения анимации). Кроме того, можно вызывать методы для управления презентацией (например, запуска анимации или приостановки воспроизведения видео). Подо всеми этим лежит механизм синтаксического анализа XAML. Анализатор создает DOM XAML в памяти для использования ядром презентации, которое управляет формированием графики и анимации, определенных XAML. Кроме того, модуль времени выполнения содержит кодеки, необходимые для воспроизведения мультимедийного содержимого в форматах WMV, WMA и MP3.

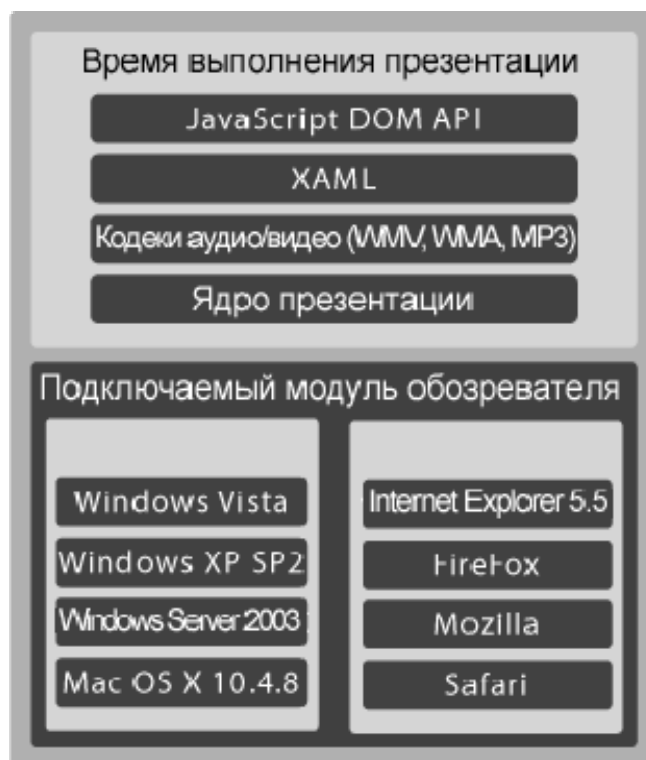


Рисунок 2 – Архитектура Silverlight

Наконец, модуль времени выполнения содержит ядро презентации, управляющее процессом визуализации. Этот модуль времени выполнения для презентации встроен в подключаемый

модуль обозревателя, поддерживающий некоторые версии Windows и Mac OS X с помощью указанных ранее обозревателей. Конечным результатом является самодостаточный модуль отображения графики и мультимедиа, который может подключаться к обозревателю и программироваться с помощью сценариев JavaScript.

Едва ли можно думать о Silverlight как только о клиентской технологии предназначенной для встраивания насыщенного содержимого в обозреватель. Такое насыщенное содержимое уже возможно благодаря использованию закрытых подключаемых модулей, построенных в виде апплетов Java, элементов управления ActiveX® или приложений Flash. Silverlight, напротив, является открытой технологией в смысле того, что пользовательский интерфейс определен в текстовом коде XAML, а программируемость достигается путем использования JavaScript. Это позволяет разработчикам легко создавать приложения, взаимодействующие с серверами, на которых расположены данные.

С выходом новой версии технологии Silverlight 2.0, разработчики получили массу новых возможностей для реализации своих амбициозных идей.

Silverlight 2.0 – это в первую очередь сверхкомпактный .NET Framework, обладающий самыми высокими ограничениями по безопасности за всю историю .NET. Код можно писать на C# 3.0 и использовать LINQ! Иногда Silverlight определяют так: "частное производное WPF" ("WPF subset"). Это некорректно, хоть Silverlight и содержит в себе компактную версию WPF, это лишь библиотека для вывода информации, т.е. в первую очередь нужно рассматривать Silverlight как платформу, хотя "WPF subset" и является главной составляющей Silverlight, без которой просто не было бы смысла его использовать.

Silverlight включает в себя мини-версию WPF. В ней нет поддержки трёхмерной графики, однако трансформации, набор элементов управления и графических элементов весьма внушительные.

Так же как и у "большого брата", презентационный движок Silverlight основан на XAML. XAML способен сэкономить компаниям, специализирующимся на разработке ПО внушительное количество времени и, соответственно, денег, позволив так же, опираясь на свою

платформу – WPF или Silverlight, делать потрясающие эффекты. Во-первых, для XAML есть достаточно удобная программа для дизайнеров – Microsoft Expression Blend. Т.е. вместо обычного сейчас процесса, когда дизайнер рисует макет, например, в Adobe Illustrator, а потом верстальщик (или программист) верстает HTML и программист добавляет логику, с использованием технологии Silverlight программисту уже будет приходиться готовый XAML, который осталось лишь чуточку поправить в соответствии с логикой. Во-вторых, возможности у XAML гораздо-гораздо шире, чем у того, что используется сейчас большинством – Windows Forms и HTML. Т.е. вещи, которые в HTML или Windows Forms ранее было делать либо крайне сложно либо даже невозможно, теперь можно будет делать с лёгкостью. В-третьих, XAML единый и для Desktop-приложений, и для Веб-приложений, что в свою очередь создает легкость в использовании одного макета страницы как в WPF приложении, так и в Silverlight приложении.

Главные конкуренты Silverlight 2.0 – это Adobe Flash и Sun JavaFX. Среди .NET разработчиков уже сейчас есть некоторая прослойка, использующая связку Flex/Flash/ASP.NET в своих проектах. Однако мне кажется, что Silverlight 2.0 объективно стоит выше по технологическому уровню, и Flash, изначально ориентированный на мультики-рекламные ролики, не сможет удержать RIA разработчиков в своих объятиях. Путь технологии Silverlight в Интернете только начинается. С богатыми возможностями механизма визуализации XAML и гибкостью использования стандартных технологий веб-разработки Silverlight заслуживает того, чтобы быть добавленной в набор инструментов разработчика.

ЛИТЕРАТУРА

1. Laurence Moroney. Introducing Microsoft Silverlight 1.0. – Microsoft Press, 2008 - 225с.
2. Джеффри Рихтер. Программирование на платформе .NET Framework – М. Русская редакция, 2003 -512с.
3. <http://silverlight.net/>
4. <http://www.microsoft.com/rus/msdn/articles/silverlight/>
5. <http://wynapse.com/silverlight/tutor/>

МОДЕЛИ ПОВЕДЕНИЯ ИНДИВИДУУМА В СОЦИОТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ

Введение. Формирование приоритетов развития региона требует комплексного учета особенностей различных классов расположенных на территории региона социотехнических систем[1-3], их технической и социальной составляющей, особенно человеческого фактора. В этой связи необходимо совершенствовать методы моделирования для рассматриваемого класса систем, дополнять их моделью поведения индивидуума (социальной группы), которая описывает связь между уровнями иерархии, подсистемами или внутри подсистемы. Для решения таких задач применяются классические модели[4, 5], моделирующие алгоритмы[6], структурные методы[7] и т.п. Несмотря на наличие значительного числа работ, имеет место незавершенность разработок по учету различных аспектов функционирования социальной составляющей социотехнической системы.

Цель работы. Основной целью работы является разработка и исследование шаблонно-стереотипного представления структур систем и информационных процессов для моделирования поведения индивидуума в социотехнической системе.

Изложение основных результатов. В социотехнической системе рассматриваемая как объект управления группа людей, обеспечивающих функционирование системы, имеет особенности. Это может быть группа, состоящая из одного человека (индивидуума); группа, состоящая из нескольких индивидуумов, метagруппа. Объединение людей, имеющих общую цель, называется организацией, не имеющих общей цели – социальным индивидуумом [8]. В качестве социального индивидуума можно рассматривать некоторое профессиональное множество трудовых ресурсов региона (строители, токари, грузчики и т.д.). Метагруппа состоит из организованных коллективов и социальных индивидуумов. В дальнейшем будем называть ее социальной группой. Примером могут служить группы, образованные по территориальному признаку (население города, региона).

Важным аспектом управления социальной группой является

обеспечение ее безопасности (региональной защиты от чрезвычайных ситуаций мирного времени, социальной безопасности, экономической, военной и т.д.)

Управление группой, как элементом социотехнической системы, осуществляется путем изменения внешних информационной, материальной, экономической, социальной сред. Возможны два случая поведения членов группы. При пассивном поведении индивида изменение окружающей среды влияет на него непосредственно. Так, улучшение условий труда уменьшает заболеваемость, транспортная усталость снижает производительность труда. При активном поведении действительность сначала отображается в сознании человека, а затем на этой основе им принимаются решения, обуславливающие его поведение. Примером могут служить хоторнские исследования, показавшие, что путем влияния на человека можно повышать производительность труда, ничего не изменяя в производстве[8].

В общем случае рассматриваемые процессы можно описать следующей феноменологической моделью. Обозначим множество характеристик окружающей среды через V , а множество характеристик, определяющих информационное отображения этого окружения для i -го индивидуума, – через I_i . Тогда получим

$$I_i(t) = \Omega_i[V(t - \tau), t] \quad (1)$$

Здесь t – текущее время; Ω_i – оператор информационного отображения i -го индивидуума; τ – время запаздывания, обусловленное отсутствием у индивидуума информации о произошедших изменениях внешней среды V . Поведение индивидуума описывается уравнениями:

$$W_i^p(t) = \xi_i^p[\Omega(t - \tau), t], W_i^a(t) = \xi_i^a[I_i(t), t], \quad (2)$$

где $W_i^p(t), W_i^a(t)$ – характеристики пассивного и активного поведения индивидуума; ξ_i^p, ξ_i^a – соответственно индивидуальные операторы поведения или принятия решения.

Основными этапами процесса управления социальной группой являются: формирование множества альтернатив возможного

поведения входящих в группу индивидуумов; определение альтернативы, экстремизирующей функцию цели системы; обеспечение реализации (при пассивном поведении) или самостоятельного выбора (при активном поведении) нужной альтернативы, т. е. собственно управление поведением. При этом следует учитывать законы, определяющие поведение человека (общие законы управления человеком, законы инерционности человеческих систем, законы связи с внешней средой и др.)[9].

Таким образом, задача управления поведением индивидуума заключается в управлении операторами Ω_i, ξ_i и окружающей средой V , которая воздействует на индивида в соответствии с законом соответствия требованиям среды и законом влияния норм и регламентации. Для управления социальной группой как элементом социотехнической подсистемы необходимо оперировать операторами Ω, ξ , усредненными по множеству индивидуумов. Реализовать управление можно лишь при наличии конструктивных математических моделей (1), (2), что связано с определением структуры и количественных характеристик операторов Ω, ξ , т. е. с решением задач идентификации объектов управления. Кроме того, для реализации управления необходимы затраты ресурсов на изменение окружающей среды V и операторов Ω, ξ в нужном направлении. Это достигается путем влияния на количественные и качественные характеристики трудовых ресурсов, социально-демографическую ситуацию в регионе и конкретно в районах, которые прилегают к конкретному предприятию, социальную защиту населения региона и предприятия и т.д.

Опыт показывает, что каждый процесс, происходящий в произвольной системе или ее отдельном блоке, в большинстве случаев может быть разбит на ряд элементарных структур, которые мы называем шаблонами. Под шаблоном понимается некоторая абстрактная элементарная структура, которая описывает структуру системы или процесс в системе (поведение системы). Это дает возможность формирования цепочек из шаблонов, которые стереотипно описывают процессы управления или структуру системы. Шаблонно-стереотипное представление систем и процессов

управления позволяет глубже изучить определенные участки систем и этапы процессов, разных узлов, блоков и цепочек [10, 11].

В дальнейшем на основе разработанных шаблонов элементарных узлов системы возможно создание более крупных элементов систем из наборов шаблонов. Это позволит получить стереотипную картину (скелет) системы и реализовать (координировать) в ней процессы управления.

Сформулируем понятие простого шаблона обработки событий в системе с двухуровневой иерархией (рис. 1). Здесь вершина верхнего уровня соответствует исполнителю верхнего уровня (руководителю, ставящему задачу), а вершина нижнего уровня – исполнителю нижнего уровня (подчиненному, исполнителю задачи); ребра между вершинами – это действия исполнителей разных уровней. Эти шаблоны составили базис, дальнейшее развитие метода построено на использовании данных шаблонов. В случае открытой системы после выполнения задания взаимодействие уровней иерархии заканчивается. В закрытой системе после выполнения задания исполнитель возвращает руководителю результаты работы (отчет).

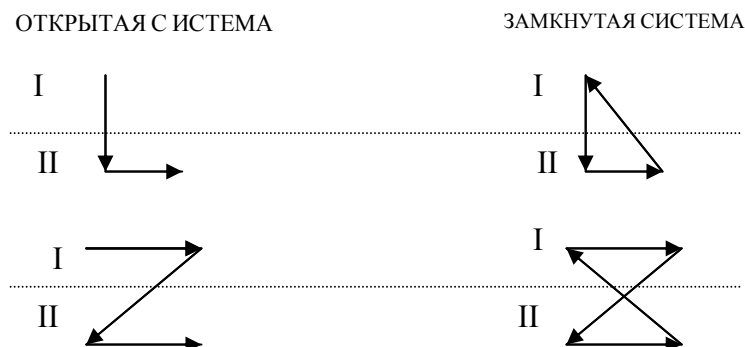


Рисунок 1 – Схема прохождения процесса по простым шаблонам типа «треугольник» и «восьмерка» (I, II – уровни иерархии)

Можно определить терминологию и сокращение для рассматриваемых простых шаблонов, соответственно шаблон типа “треугольник” (Ht) и шаблон типа “восьмерка” (Hv). Для классификации выделим их в класс простых шаблонов. Моделирование реальных ситуаций предполагает простые шаблоны соединять в цепочки, т.е. моделировать иерархию системы. Основные простые шаблоны можно описать, например, следующим образом:

$$Ht = \{ u_1 \xrightarrow{r_1} u_2, u_2 \xrightarrow{r_2} u_3, u_3 \xrightarrow{r_3} u_1 \}; \quad (3)$$

$$Hv = \{ u_1 \xrightarrow{r_1} u_4, u_4 \xrightarrow{r_2} u_2, u_2 \xrightarrow{r_3} u_3, u_3 \xrightarrow{r_4} u_1 \},$$

где u – начальная ситуация, u_n – n -е состояние структуры (ситуация n -го порядка), r_n – изменение ситуации.

Следует отметить, что структурное моделирование или моделирующие алгоритмы можно рассматривать как другую форму записи математических моделей. Функционирование системы (группу элементарных операций) можно описать разными способами, в частности предложенным здесь шаблоном, последовательностью операторов, блок-схемой и т.п. Главное, чтобы без особых трудностей можно было понять сущность моделируемых процессов. Выбор способа определяет степень наглядности алгоритма и удобство его дальнейшего использования. Здесь используется представление процессов в виде шаблонов и описание, аналогичное (3).

По аналогии с двухуровневой системой иерархии можно рассмотреть иерархическую систему более высоких уровней. На рис. 2 представлены цепочки шаблонов системы четырехуровневой иерархии.

Здесь можно выделить еще один простой шаблон – шаблон типа "Б" (Hb), он является производным от двух предыдущих шаблонов (рис. 3).

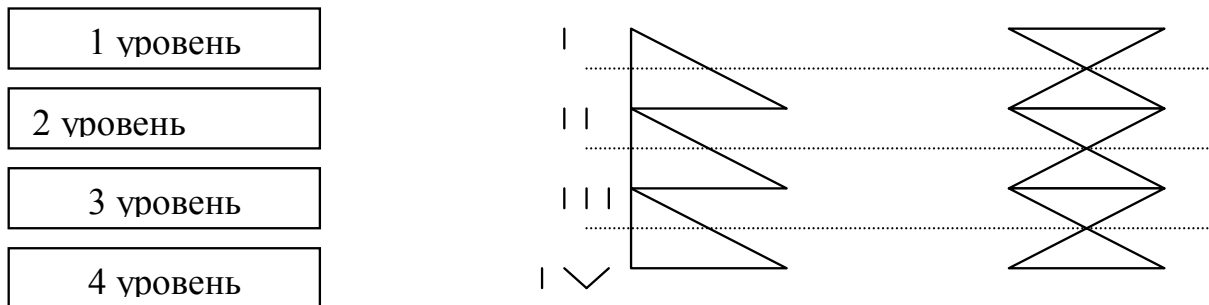


Рисунок 2 – Схема четырехуровневой системы иерархии процессов управления

Цепочка мало чем отличается от цепочки ПШТ, но имеет качественное уточнение $u_1 \xrightarrow{r_4} u_4$.

$$Hb = \{ u_1 \xrightarrow{r_1} u_2, u_2 \xrightarrow{r_2} u_3, u_3 \xrightarrow{r_3} u_1, u_1 \xrightarrow{r_4} u_4 \} \quad (4)$$

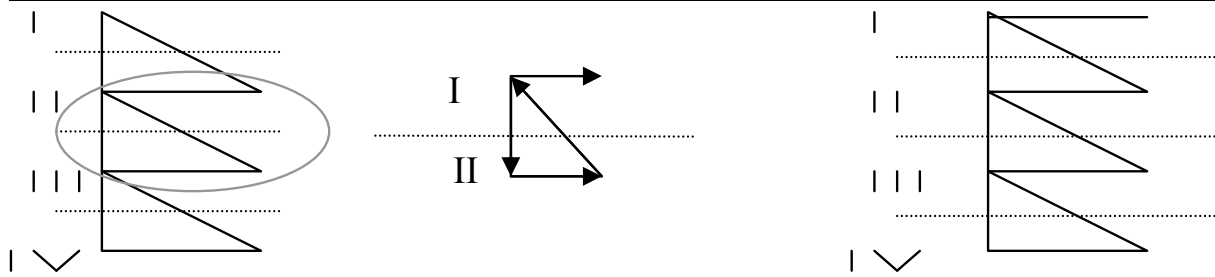


Рисунок 3 – Простой шаблон типа «Б» и цепочка шаблонов

Рассмотрев основные классы шаблонов моделирования процессов в иерархических системах на разных уровнях иерархии (вертикальные процессы), необходимо рассмотреть прохождения процессов по горизонтали. Для организационных систем это долгосрочное (стратегическое) управление, среднесрочное (тактическое) управление, краткосрочное, оперативное управление (в реальном масштабе времени). Горизонтальное распространение процесса требует формирования соответствующих шаблонов методов управления.

Можно дать более общую формулировку задачи применения шаблонов. Пусть некоторой системе в момент t_0 задана начальная ситуация структурой $S(t_0)$. Пусть необходимо перейти от $S(t_0)$ в некоторую желательную ситуацию, которая задается структурой $S(T)$. Для перевода с одной ситуации в другую имеется некоторое множество операторов r_j ($j = \overline{1, N}$). Кроме того, есть список запрещенных ситуаций, заданных структурами $S', S'', \dots$, прохождение через которые при всех переходах от $S(t_0)$ к $S(T)$ не допускается. Тогда поставленная задача может звучать так: выбрать со списка операторов такую минимальную их последовательность, чтобы при последовательном их применении можно было прийти к желательному результату (если это возможно).

Процесс решения можно построить двумя способами:

1) двигаясь от конца к началу, определить цепочку причинно-следственных связей:

$$S(T) \xrightarrow{r_{jT}} S(T-1) \xrightarrow{r_{jT-1}} \dots \xrightarrow{r_{jt_0+2}} S(t_0+1) \xrightarrow{r_{jt_0+1}} S(t_0);$$

2) двигаясь от начала к концу, наметить последовательность актов принятия решений:

$$S(t_0) \xrightarrow{r_{jt_0+1}} S(t_0+1) \xrightarrow{r_{jt_0+2}} \dots \xrightarrow{r_{jT-1}} S(T-1) \xrightarrow{r_{jT}} S(T).$$

В общем математическом представлении при решении таких задач часто возможны осложнения, однако на практике эксперт, имея некоторый опыт (связанный со знанием соответствующих операторов и запрещенных ситуаций) успешно решает задачи данного класса. Сущность целенаправленного поиска можно в основных чертах свести к таким актам: а) генерирование альтернатив, т.е. формирование в пределах одного этапа возможных путей решения и получение промежуточных результатов; б) ограничение количества альтернатив, т.е. оценка промежуточных результатов с точки зрения их перспективности.

Представленные выше примеры шаблонов показывают, что ими может быть охвачен довольно большой спектр структур. Подход на основе шаблонно-стереотипных представлений использован нами при регламентации работы исполнителей в казначейской системе.

Пусть на вход казначейской системы поступает задание (заявка на финансирование). При поступлении задания (рис. 4) первый шаг в системе – это регистрация и присвоения внутреннего номера; на втором шаге ответственный специалист (канцелярия) определяет возможных исполнителей этого задания (зона принятия профессионального решения-1); с учетом распределения обязанностей канцелярия создает проект указаний к этому заданию и подает его на подпись руководителю, на имя которого пришло задание (как правило, первому лицу).

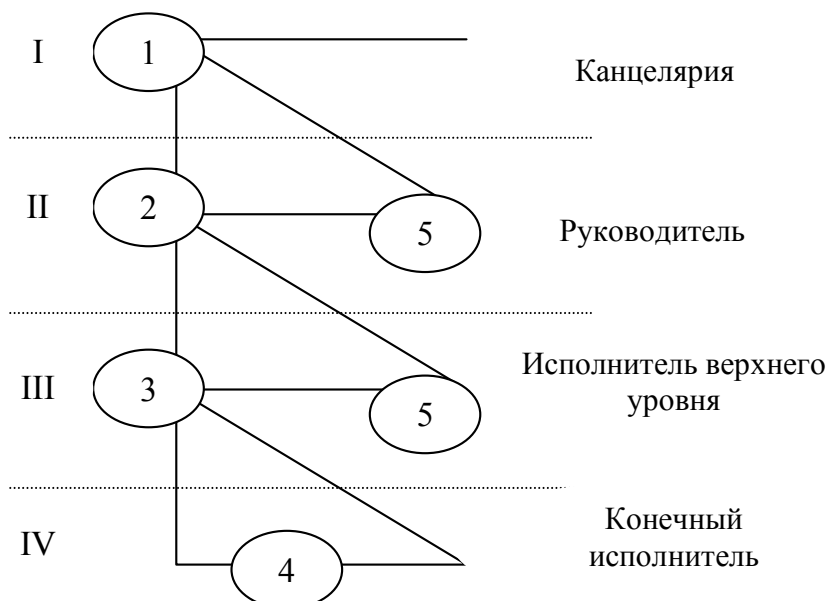


Рисунок 4 – Схема выполнения заявки в обычном режиме

С учетом проекта указаний (рекомендации канцелярии) осуществляется принятие административного решения-2 (при этом ЛПР может поручить выполнение этого документа другому исполнителю).

На следующем этапе канцелярия доводит задание и необходимые указания (задание непосредственного руководства) лицам, которые указаны, как исполнители этой задачи. При поступлении задания к исполнителям, оно может быть направлено исполнителям более низкого уровня или оставлено при наличии всей необходимой информации на выполнение на этом же уровне (принятие решения-3). При отсутствии необходимой информации задание передается на более низкий уровень – конечному исполнителю.

Выполненное задание по иерархической структуре поднимается к тем же вышестоящим исполнителям, которые давали это задание. При этом каждый уровень оценивает правильность выполнения задания (принятие решения-5 на каждом уровне). На выходе из системы остается пометка о выполнении задачи, и принятое решение отправляется заявителю. При возникновении любых отклонений в процессе выполнения задания или невозможности принятия решения на нижнем уровне без согласования с более высоким уровнем иерархии проводится анализ и при необходимости подключаются дополнительные исполнители или даются дополнительные разъяснения и указания, необходимые для четкого выполнения задачи. Такая ситуация может появляться на разных этапах и является типичной для разных уровней иерархии. Таким образом, применяемый подход позволяет спланировать поведение исполнителей различных уровней.

Рассмотрим детальнее ситуацию, возникшую при описании принятия решения в прохождении заявки (ситуация-4, рис. 4). Здесь исполнитель получает задание, которое он должен выполнить в полном объеме и в отведенный срок. Ситуация-4 требует принятия решения с учетом риска. Первым шагом исполнителя будет анализ задания с использованием предыдущего опыта и имеющейся нормативной базы (рис. 5). Учет риска нуждается в прогнозировании последствий сделанного действия. Схему поведения исполнителя в этом случае представлено на рис. 6.

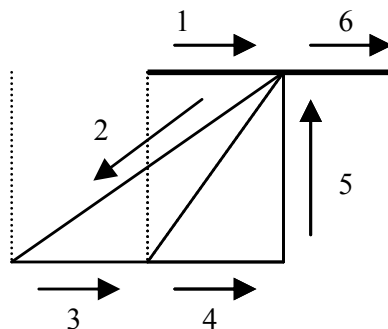


Рисунок 5 – Детализация схемы поведения исполнителя

(1 - анализ задания; 2,3 - сопоставление с предыдущим опытом; 4,5 - сопоставление с нормативной базой; 6 - выполнение соответствующего действия)

Аналогичным образом можно описывать и более детальные процессы с большим количеством шагов.

Формализованный подход к описанию действий исполнителя (социальной подсистемы), опирающийся на шаблонно-стереотипные представления, позволил предложить многоконтурную модель управления персоналом в социотехнической системе (рис. 7). Модель предоставляет возможность оценивать исполнительность и компетентность как отдельных работников, так и всей социальной подсистемы.

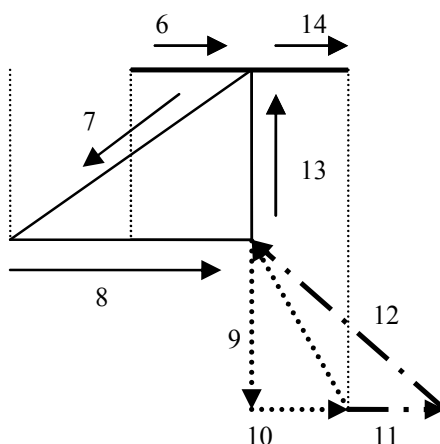


Рисунок 6 – Схема поведения исполнителя при прогнозировании последствий в условиях риска

(6 - подготовка к анализу результата; 7,8 - сопоставление и анализ результатов; 9-11 - прогноз последствий на две итерации; 12 - корректировка результата с учетом прогноза; 13 - подготовка оптимизированного результата; 14 - отчет.)

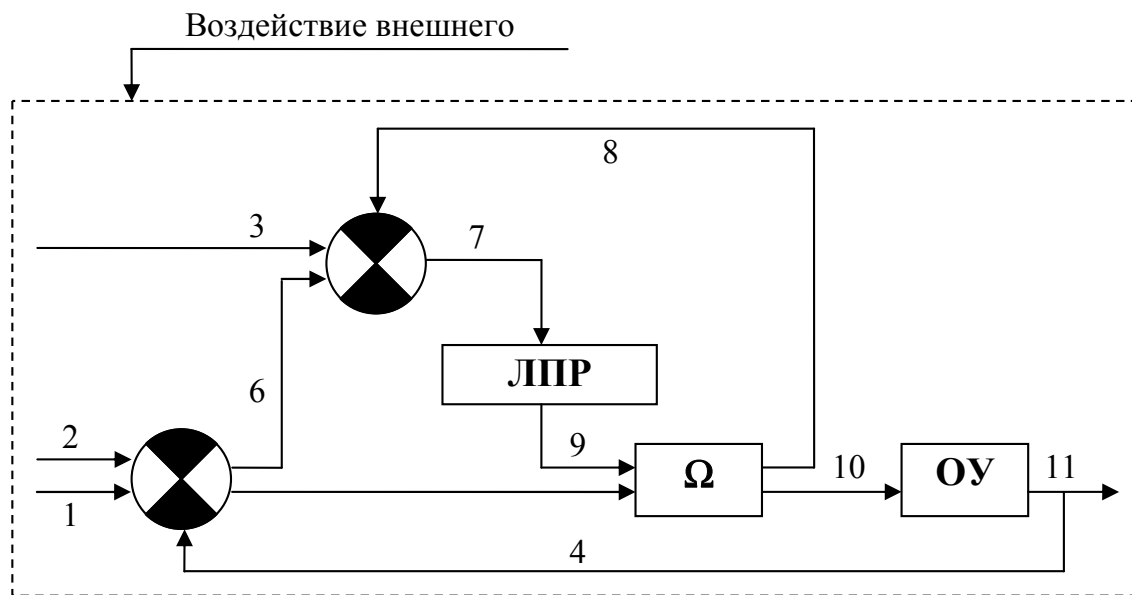


Рисунок 7 – Схема многоконтурной модели управления социальной подсистемой

На рис. 8 ОУ – объект управления (технологический процесс, задание исполнителю); Ω – исполнитель (работник социальной подсистемы); ЛПР – лицо, принимающее решение (непосредственный руководитель исполнителя); БС₁, БС₂ – блоки сравнения значений показателей. Линии связи обозначают следующее: 1 – анализ работником задания и формирование цели своей деятельности; 2 – анализ руководителем задания и формирования цели деятельности работником; 3 – анализ руководителем возможностей работника и его компетентности; 4 – обратная связь; 5 – отклонение текущего состояния объекта управления от заданного состояния с точки зрения работника; 6 – отклонение текущего состояния объекта управления от заданного состояния с точки зрения руководителя; 7 – отклонение текущих показателей, характеризующих компетентность работника, от заданных; 8 – оценка текущего состояния работника; 9 – управляющее воздействие руководителя на работника; 10 – управляющее воздействие работника на объект управления; 11 – текущее состояние объекта управления (результат работы исполнителя).

Предлагаемая модель состоит из нескольких контуров, по-разному характеризующих социальную составляющую социотехнической системы:

1. Индивидуум – механистический исполнитель задания ЛПР (контур 9-10-11-4-6-7-9), выполняющий однотипные операции (пассивный индивидуум согласно выражения (2)).

2. Индивидуум – исполнитель (пассивный индивидуум согласно (2)), наделенный определенной самостоятельностью и возможностью принятия решений в заданных пределах (контур 10-11-4-6-10).

3. Индивидуум – исполнитель (активный индивидуум согласно (2)), выполняющий задание, полученное от ЛПР, и в то же время проявляющий свои творческие способности (контур 9-10-11-4-5-8-7-9).

4. Группа исполнителей (социальная подсистема с усредненными характеристиками (2)) – выполняет задания системы более высокого уровня (внешний контур) в соответствии с одним из возможных подходов (механистический, независимый, комбинированный и т.д.) и оценивается высшим уровнем.

Модель может применяться на различных уровнях системы управления персоналом: в отделе, на предприятии, в регионе для оперативной оценки компетентности работников. Модель использована при разработке интегрированной информационной системы в областном управлении казначейства и подсистемы управления персоналом в АСУ комбината хлебопродуктов.

Выводы. Шаблонно-стереотипное представление структур систем и процессов, а также рассмотренные классы шаблонов дают возможность разрабатывать с их помощью структуры иерархических систем. Подход к построению моделей поддержки принятия решений на основе шаблонно-стереотипных представлений позволяет создавать модели социальных подсистем различных социотехнических систем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рогальский Ф.Б. Информационная поддержка принятия решений при управлении социотехническими системами // Автоматика. Автоматизация. Электротехнические комплексы и системы. – 2008. – № 1(21). – С. 174 – 183.
2. Рогальский Ф.Б. Управление устойчивым функционированием социотехнических объектов // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 6 (53). – Дніпропетровськ, 2007. – С. 202–213.

3. Рогальський Ф.Б. Вдосконалення управління розвитком пріоритетних напрямків в економіці Херсонської області. В кн.: Стратегія економічного та соціального розвитку Херсонської області до 2015 року. Управління процесами розвитку регіону. Основні напрямки / За ред. Б.В.Сіленкова. – Херсон: Вид-во ХНТУ, 2007. – С. 311-326.
4. Основы моделирования сложных систем / Под общей ред. И.В. Кузьмина. – К.: Вища школа, 1981. – 360 с.
5. Рогальский Ф.Б., Курилович Я.Е., Цокурено А.А. Математические методы анализа экономических систем: В двух кн. – Киев: Наукова думка, 2001. – Кн. 1: Теоретические основы. – 435 с. Кн. 2: Методы и алгоритмы решений трудно формализуемых задач. – 423 с.
6. Бусленко Н.П. Моделирование сложных систем. – М.: Наука, 1968. – 356 с.
7. Коллинз Г., Блэй Дж. Структурные методы разработки систем: от стратегического планирования до тестирования. Пер. с англ. / Под ред и с предисл. В. М. Савинкова. – М.: Финансы и статистика, 1986. – 264 с.
8. Лютенс Ф. Организационное поведение: Пер. с англ. 7-го изд. – М.: ИНФРА-М, 1999. – XXVIII, 692 с.
9. Василенко В.А. Теорія і практика розробки управлінських рішень: Навч.посібн. – Київ: ЦУЛ, 2002. – 420 с.
10. Кайдашев Р.П. Шаблонно-стереотипное представление процессов управления // Вестник ХГТУ. – 2000. – №3(9). – С. 400 – 402.
11. Рогальский Ф.Б., Кайдашев Р.П. Моделирование процесса функционирования госказначейства // Вестник ХГТУ. – 1999. – № 2(6). – С. 9 – 13.

НАВЧАННЯ ПРИХОВАНИХ МАРКІВСЬКИХ МОДЕЛЕЙ**Вступ**

Приховані марківські моделі (ПММ) останнім часом стали дуже популярні. Перші відомості про приховані марківські моделі опублікував Баум з колегами ще наприкінці 1960-х років. На початку 70-х Бейкер і Джелінек з колегами в ІВМ застосували ПММ до розпізнавання мови. З середини 1980-х років ПММ застосовуються при аналізі біологічних послідовностей, зокрема ДНК. Проте, широкого поширення ПММ набули зовсім недавно.

Свою популярність ПММ отримали завдяки тому, що, по-перше, математична структура ПММ дуже багата і дозволяє вирішувати математичні проблеми різних областей науки. По-друге, грамотно спроектована модель дає на практиці добрі результати роботи. У цій статті ми розглянемо алгоритми навчання ПММ та дамо їм оцінку.

Постановка проблеми

ПММ є одним із способів отримання математичної моделі деякого спостережуваного сигналу. ПММ відносяться до класу стохастичних моделей. Стохастичні моделі намагаються охарактеризувати тільки статистичні властивості сигналу, не володіючи інформацією про його специфічні властивості. Настроєну ПММ можна розглядати як джерело деякого випадкового сигналу з цілком певними характеристиками. Також, для настроєної ПММ є можливість підрахувати ймовірність генерації тестового сигналу даною моделлю.

У додатку до завдання розпізнавання, представивши вектор ознак об'єкту у вигляді сигналу (набору послідовних спостережень), можна змодельовати клас об'єктів за допомогою ПММ. Ймовірність належності тестового об'єкту класу, заданому ПММ оцінюється ймовірністю генерації сигналу, відповідного до його вектору ознак. Навчання прихованих харківських моделей – полягає в модифікації її параметрів для того, щоб добитися максимальної ймовірності генерації сигналів, відповідних до векторів тренувального набору.

Вирішення проблеми

Визначимо ПММ як $\lambda = (A, B, \pi)$, де A – матриця ймовірності переходу, B – матриця ймовірності спостережуваних об'єктів, π – вектор ймовірності початкових станів. Задача навчання ПММ полягає в тому, щоб підібрати параметри моделі λ так, щоб вона правильно розпізнавала початкові дані $O = O^1, O^2, \dots, O^K$. Необхідно вибрати один із способів навчання [1]:

1. розпізнати послідовності спостережень, порівняти результати розпізнавання $Q^{*1}, Q^{*2}, \dots, Q^{*K}$ з правильними відповідями $Q^1, Q^2, \dots, Q^K$, обчислити в деякому сенсі середню помилку та мінімізувати її, модифікуючи λ ;
2. розпізнати послідовність спостережень і максимізувати функцію правдоподібності спостереження послідовності O , в припущенні, що послідовність прихованих станів знайдена правильно. Тобто максимізувати $\prod_{k=1}^K P(O^k | Q^{*k})$, модифікуючи λ ;
3. максимізувати функцію правдоподібності від спостережень, тобто максимізувати $P(O) = \prod_{k=1}^K P(O^k)$, модифікуючи λ .

Перший спосіб навчання – це навчання з вчителем. Його можна проводити, наприклад, методом градієнтного спуску, і він всім гарний, окрім своєї трудомісткості. Решта два способи – це навчання без вчителя, хоча в другому способі можна використовувати вчителя. Найчастіше застосовується третій спосіб навчання (іноді з подальшим донавчанням іншими способами), оскільки для нього відомий швидкий алгоритм.

Це алгоритм, в загальній ситуації званий максимізація очікування (МО, ЕМ – expectation maximization) або, конкретно для ПММ, алгоритмом Баума-Велша. Даний алгоритм є ітеративним і сходиться до локального максимуму правдоподібності. Окрім цього методу вирішення можливо так само використовувати і інші методи оптимізації для пошуку максимуму функції правдоподібності. Проте, в [2] відмічено, що алгоритм Гауса-Ньютона має тенденцію до незбіжності і залежить від хорошого початкового вибору параметрів моделі λ . Там же окрім алгоритму Баум-Велша розглянутий метод

градієнтного спуску Болді-Чавіна. У [3] проводиться аналогія між МО алгоритмом і градієнтними методами.

Згідно [4] для ефективного обчислення ймовірності спостереження послідовності O , яка породжена послідовністю Q , рівною

$$P(Q|\lambda) = P(q_1, q_2, \dots, q_T) = \pi_{q_1} \prod_{t=1}^{T-1} a_{q_t q_{t+1}} \quad (1)$$

використовують алгоритм прямого-зворотного проходу (Forward-Backward). Для цього алгоритму існують дві модифікації рівноцінні за обчислювальними витратами – алгоритм прямого ходу і алгоритм зворотного ходу. Ці алгоритми розрізняються вибором ведучої змінної, прямою або зворотною, яка предпочтительней у кожному конкретному випадку.

Алгоритм прямого ходу: Введемо пряму змінну $\alpha_t(i)$, яку визначимо для заданої моделі λ як значення ймовірності того, що до моменту часу t спостерігалася послідовність $o_1 o_2 \dots o_t$ і у момент t система знаходиться в стані S_i :

$$\alpha_t(i) = P(o_1 o_2 \dots o_t, q_t = S_i | \lambda) \quad (2)$$

Значення прямої змінної обчислюються за наступним алгоритмом:

1. Ініціалізація: $\alpha_1(i) = \pi_i b_i(o_1)$, $1 \leq i \leq N$.
2. Для всіх $t = 1, 2, \dots, T-1$; $1 \leq i \leq N$; маємо $\alpha_{t+1}(j) = [\sum_{i=1}^N \alpha_t(i) a_{ij}] b_j(o_{t+1})$.
3. Обчислюємо шукану ймовірність: $P(O|\lambda) = \sum_{i=1}^N \alpha_T(i)$.

Алгоритм зворотного ходу: Введемо зворотну змінну $\beta_t(i)$, яку визначимо як умовну ймовірність спостереження послідовності, починаючи з моменту $t+1$ до T за умови, що у момент часу t система знаходиться у стані S_i :

$$\beta_t(i) = P(o_{t+1} o_{t+2} \dots o_T | q_t = S_i, \lambda).$$

Значення зворотної змінної знаходяться так:

1. Ініціалізація: $\beta_T(i) = 1$, $1 \leq i \leq N$.

2. Для всіх $t = T-1, T-2, \dots, 1$; $1 \leq t \leq N$; маємо

$$\beta_t(i) = \sum_{j=1}^N a_{ij} b_j(o_{t+1}) \beta_{t+1}(j).$$

3. Обчислюємо вірогідність: $P(O|\lambda) = \sum_{i=1}^N \pi_i b_i(o_1) \beta_1(i)$.

Одним з способів відновлення послідовності прихованих станів є алгоритм Вітербі. Він складається з прямого і зворотного проходів. Введемо наступну змінну

$$\delta_t(i) = \max_{q_1 q_2 \dots q_{t-1}} P(q_t = S_i | q_1 q_2 \dots q_{t-1}, o_1 o_2 \dots o_t, \lambda), \quad (3)$$

що має сенс максимальної ймовірності того, що при заданих спостереженнях до моменту t послідовність станів завершиться у момент часу t в стані S_i , а також змінну $\psi_t(j)$ для зберігання аргументів, що максимізували $\delta_t(j)$. Алгоритм:

1. Ініціалізація: $\delta_1(i) = \pi_i b_i(o_1)$, $1 \leq i \leq N$, $\psi_1(i) = 0$.

2. Індуктивний перехід:

$$\delta_t(j) = \max_{1 \leq i \leq N} [\delta_{t-1}(i) a_{ij}] b_j(o_t), \quad 1 \leq j \leq N, \quad 2 \leq t \leq T,$$

$$\psi_t(j) = \arg \max_{1 \leq i \leq N} [\delta_{t-1}(i) a_{ij}].$$

3. Останов: $P^* = \max_{1 \leq i \leq N} [\delta_T(i)]$ – найбільша ймовірність спостереження послідовності $o_1 o_2 \dots o_T$, яка досягається при проходженні деякої оптимальної послідовності станів $Q^* = (q_1^*, \dots, q_T^*)$, для якої до даного моменту відомий тільки останній стан: $q_T^* = \arg \max_{1 \leq i \leq N} [\delta_T(i)]$.

4. Зворотний перехід. Відновлення оптимальної послідовності станів: $q_t^* = \psi_{t+1}(q_{t+1}^*)$, $t = T-1, T-2, \dots, 1$.

На етапі навчання ПММ необхідно провести настройку параметрів моделі $\lambda = (A, B, \pi)$ так, щоб максимізувати $P(O|\lambda)$. Для вирішення даного завдання можна використовувати метод Баум-Велша. У [5], [2], [6], [7], [8], [1] достатньо детально приведено виведення формул для цього методу. Фактично необхідно підібрати послідовність прихованих станів Q до послідовності спостережень O [9], тобто вирішити завдання з даними, яких не вистачає. Цю проблему вирішують за допомогою МО алгоритму, який орієнтований на пошук максимуму функції правдоподібності за допомогою

параметрів неспостережуваної функції розподілу для множини спостережень, де дані не повні або є пропуски. Для моделі сумішей загальна схема МО алгоритму приведена в [5] [10]. У такій моделі дані, яких не вистачає – це змінні, які вказують, з якого компоненту суміші витягнутий елемент даних.

Введемо змінну $\xi_t(i, j) = P(q_t = S_i, q_{t+1} = S_j | O, \lambda)$, яка є ймовірністю того, що при заданій послідовності спостережень O система в моменти часу t і $t + 1$ знаходитиметься відповідно в станах S_i і S_j . Використовуючи пряму і зворотну змінні, визначені вище, можна записати:

$$\xi_t(i, j) = \frac{a_t(i) a_{t+1}(j) b_j(q_{t+1}) \beta_{t+1}(j)}{P(O | \lambda)} = \frac{a_t(i) a_{t+1}(j) b_j(q_{t+1}) \beta_{t+1}(j)}{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N a_t(i) a_{t+1}(j) b_j(q_{t+1}) \beta_{t+1}(j)}.$$

Введемо наступну змінну, що є апостеріорною ймовірністю того, що при заданій послідовності спостережень O система у момент часу t знаходитиметься у стані S_i : $\gamma_t(i) = \sum_{j=1}^N \xi_t(i, j)$.

Введені величини мають наступні властивості: $\sum_{i=1}^N \gamma_t(i)$ - очікуване число переходів із стану S_i ; $\sum_{i=1}^N \xi_t(i, j)$ - очікуване число переходів із стану S_i в стан S_j .

На основі цих властивостей отримуємо формули переоцінки параметрів марківської моделі:

$$\pi_i^e = \gamma_t(i), \quad a_{ij}^e = \frac{\sum_{t=1}^{T-1} \xi_t(i, j)}{\sum_{t=1}^{T-1} \gamma_t(i)}, \quad b_i^e(k) = \frac{\sum_{t=1}^{T-1} a_{t+1}(i) \gamma_t(i)}{\sum_{t=1}^{T-1} \gamma_t(i)} \quad (4)$$

В процесі застосування цих формул можуть бути тільки два випадки:

1. $\lambda = \lambda^e$ – точка екстремуму,
2. $P(O | \lambda^e) > P(O | \lambda)$, тобто правдоподібність появи даної послідовності спостережень для моделі з переоціненими параметрами вище, ніж для початкової моделі.

Безпосередньо алгоритм Баум-Велша складається з 3 основних етапів:

1. Алгоритм прямого-зворотного проходу.
2. Переоцінка параметрів моделі $\square$ (4).

3. Доки не досягнутий поріг збіжності:
 $|P(O|\lambda)^{\text{ітерація}-1} - P(O|\lambda)^{\text{ітерація}}| > \varepsilon$, повторювати кроки 1 та 2.

Початкові значення параметрів A та π моделі можна задавати довільно, враховуючи імовірнісні нормування. Алгоритм навчання завжди сходиться і при цьому майже завжди – до точки локального максимуму правдоподібності $P(O|\lambda)$. Проте залишаються питання, на які немає універсальної відповіді: з якою швидкістю сходиться алгоритм навчання і чи завжди таке навчання забезпечує хороше розпізнавання.

Висновки

Ми розглянули теоретичні підходи до навчання прихованих марківських моделей та алгоритми навчання ПММ. Був зроблений деякий огляд літератури по даній тематиці.

Також був отриманий наступний результат: окрім визначення оптимальної послідовності прихованих станів алгоритм Вітерці збільшує значення функції правдоподібності при навчанні ПММ. Підключення на останньому етапі навчання алгоритму Баума-Вельша призводить до кінцевого виводу значення функції правдоподібності на максимальне значення.

Нами ведуться роботи по впровадженню апарату прихованих марківських моделей сумісно з гібридними нейронними мережами для задач прогнозування на фінансово-економічних часових рядах. Цій темі буде присвячений окремий доклад.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мерков А. Б., Основные методы, применяемые для распознавания рукописного текста.
<http://www.recognition.mccme.ru/pub/RecognitionLab.html/methods.html>
2. Clote P., Formerly, Backofen R. Computational Molecular Biology, An Introduction. England, John Wiley & Sons Ltd, 2000 – 306 pp.
3. Lei Xu, Jordan M. I., On Convergence Properties of the EM Algorithm for Gaussian Mixtures// Neural Computation, 8, 129-151, 1996

4. Rabiner L. R. A Tutorial on Hidden Markov Models and Selected Applications in Speech Recognition// Proceedings of the IEEE, 1989, vol. 77, no. 2, p. 257-285.
5. Bilmes J. A. A Gentle Tutorial of the EM Algorithm and its Application to Parameter Estimation for Gaussian Mixture and Hidden Markov models// Technical Report 97-021, International Computer Science Institute Berkley CA, 1998.
6. Kapadia S. Discriminative Training of Hidden Markov Models// Downing College, Dissertation submitted to the University of Cambridge for the degree of Doctor of Philosophy, 1998
7. Kinscher J., Trebbe H. The Munster Tagging Project Mathematical Background// Arbeitsbereich Linguistik University of Miinster, 1995
8. Luettin J. Visual Speech And Speaker Recognition// Department of Computer Science, University of Sheffield, Dissertation submitted to the University of Sheffield for the degree of Doctor of Philosophy, 1997
9. Форсайт Д. А., Понс Д. Компьютерное зрение. Современный подход – 928 с.
10. Айвазян С. А., Бухштабер В. М., Енюков И. С., Мешалкин Л. Д. Прикладная статистика. Классификация и снижение размерности. М.: Финансы и статисти-ка, 1989 – 607 с.
11. Баклан І.В., Рифа В.М., Гибридні моделі в статистичних методах розпізнавання образів// Вестник ХГТУ №3(19), 2003 – с. 26-28.

НАВЧАННЯ МЕРЕЖІ БАЙЕСА ПРИ МОНІТОРИНГУ ТА ПРОГНОЗУВАННІ ЗСУВНИХ ПРОЦЕСІВ ПІВДЕННОГО БЕРЕГА КРИМУ

Вступ

Задача моніторингу зсувних процесів Південного берегу Криму та побудови системи підтримки прийняття рішень (СППР) щодо впровадження протизсувних заходів вимагає розробки нових математичних, технологічних і програмних засобів, які визначаються присутністю чинника ризику непередбачених ситуацій, тобто вимагають врахування невизначеності. При моделюванні зсувних процесів найчастіше використовуються експертні знання, які зводяться до набору правил аналізу ситуації і до ухвалення рішень.

Прогнози зсувних процесів часто суб'єктивні, істотно залежать від досвіду і інженерно-геологічної інтуїції виконавців і не завжди відповідають точним розрахункам. Позбавити їх від суб'єктивності, зробити більше наближеними до дійсності може побудова системи підтримки прийняття рішень, яка базується на мережі довіри Байєса (МБ), але така система вимагає перебору великої кількості варіантів і складних обчислень, що можливо тільки при комп'ютеризації цих процесів і розрахунків.

Математичний апарат мереж Байєса (МБ) дозволяє поєднати графічне представлення зсувного процесу з його ймовірнісним характером, проаналізувати можливі варіанти розвитку ситуації та відстежити правильність встановленого причинно-наслідкового зв'язку.

Постановка задачі

Задачею даного дослідження є побудова мережі Байєса для моделювання і прогнозування зсувних процесів Південного берегу Криму та її навчання за допомогою багаторічних статистичних спостережень.

Побудова простої мережі Байєса зсувних процесів Південного берегу Криму

Зсувні процеси більшою мірою пов'язані з гідрогеологічними

чинниками (опадами і сейсмічною активністю), а також з сонячною активністю. Ці фактори сприяють виникненню нових зсувів та активізації старих [1]. Таким чином, при побудові мережі будемо використовувати три чинники: опади, сейсмічну і сонячну активність, а також одну результуючу змінну – кількість активних зсувів, що зафіксовано впродовж року.

Мережі Байєса представляють орієнтовані ациклічні графи, вершини якого є дискретні випадкові змінні зі скінченим числом станів, а ребра є причинними зв'язками між ними і характеризуються таблицею безумовних ймовірностей переходів з одного стану до іншого під впливом збурень. Отже, МБ характеризується парю чисел (G, P) , де $G = \langle X, E \rangle$ – орієнтований ациклічний граф на скінченій множині X , елементи якої поєднані між собою сукупністю орієнтованих ребер E , а P – множина умовних розподілів ймовірностей.

Умовна ймовірність $P(A/B) = p$ означає: при умові, що подія B вже відбулась, ймовірність виникнення події A дорівнює p . Нехай деяка подія A відбувається на фоні гіпотез $H_1, H_2, \dots, H_n$. Відомі ймовірності гіпотез $P(H_i)$ і умовні ймовірності $P(A|H_i)$, тоді ймовірність того, що для події A , яка вже відбулась, мала місце гіпотеза H_k , визначається теоремою Байєса:

$$P(H_k | A) = \frac{P(A | H_k) \cdot P(H_k)}{\sum_{i=1}^n P(A | H_i) P(H_i)} \quad (1)$$

Для моделювання і прогнозування зсувних процесів ПБК побудуємо мережу Байєса, що відображає причинно-наслідкові зв'язки між наведеними факторами, граф якої є деревом (рис.1).

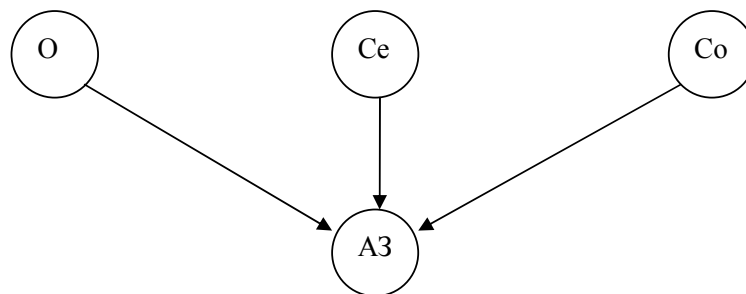


Рисунок 1 – Мережа Байєса моделювання зсувних процесів Південного берегу Криму. АЗ –кількість активних зсувів; О – опади за два попередні роки; Со – сонячна активність; Се – сейсмічна активність.

На верхньому рівні розташовано три вершини, які характеризують природні умови. Значення цих показників поступають зі станцій спостережень (з метеорологічної станції – опади, сейсмічної – сейсмічна активність, обсерваторія – сонячна активність), а також протизсувне управління оперує даними по впровадженню заходів щодо укріплення зсувонебезпечних ділянок.

На другому рівні розташовано вершину, яка характеризує протікання зсувних процесів, спостереження за якими на Південному березі Криму веде Ялтинська Гідрогеологічна Партія [2].

В умовах невизначеності основою для прийняття рішень на основі мережі Байєса є процес обчислення ймовірностей стратегій переходу від одного до іншого стану системи. Розкриття невизначеності в МБ здійснюється через обчислення ймовірностей станів вершин на основі наявної інформації про значення інших вершин мережі, завдяки цим повідомленням система здійснює перехід до наступного стану [3].

Основою для прийняття рішень в умовах невизначеності на основі мережі Байєса є процес обчислення ймовірностей стратегій переходу від одного до іншого стану системи. Розкриття невизначеності в МБ здійснюється через обчислення ймовірностей станів вершин на основі наявної інформації про значення інших вершин мережі у відповідності до апарату теорії ймовірностей і повідомлень, що передаються від однієї вершини до іншої, отже, завдяки цим повідомленням система здійснює перехід до наступного стану.

Для кожної вершини визначимо множину можливих станів. Для спрощення припустимо, що кожна величина може приймати лише два значення: зменшується (зм), тобто 0, і збільшується (зб) – 1. Таким чином, результатом моделювання є ймовірності $P(\text{зб}) = P(1)$ і $P(\text{зм}) = P(0)$ для вершини АЗ – активні зсуви. Отже, останнім кроком при побудові мережі Байєса є визначення таблиць умовних ймовірностей для кожної вершини. Умовні ймовірності – це експертні оцінки, на основі яких будується система і саме від їх точності залежить адекватність побудованої моделі [4]. Для усунення суб'єктивності при визначення умовних ймовірностей станів вершин проведемо навчання мережі за допомогою даних спостережень відповідними структурами міста Ялта впродовж терміну з 1962 по 2004 роки, враховуючи всі можливі комбінації трьох вхідних факторів –

опадів, сейсмічна і сонячна активність, що можуть приймати значення 0 і 1, тобто зменшується і збільшується. При заповненні таблиці умовних ймовірностей отримаємо $2^3 = 8$ рядків, що відповідають трьом вхідним факторам (О, СеА, СоА) і два стовпчика для вершини АЗ (активні зсуви), при чому сума кожного отриманого рядка має дорівнювати одиниці, тобто $P(0)+P(1)=1$ (табл. 1).

Таблиця 1

Умовні ймовірності для вершини АЗ (активні зсуви)

О	СеА	СоА	P(АЗ О, СеА, СоА)	
			P(0)	P(1)
0	0	0	0,90	0,10
0	0	1	0,85	0,15
0	1	0	0,65	0,35
0	1	1	0,45	0,65
1	0	0	0,40	0,60
1	0	1	0,30	0,70
1	1	0	0,20	0,80
1	1	1	0,10	0,90

З таблиці випливає, що в разі збільшення опадів, сейсмічної і сонячної активності ймовірність збільшення існуючих активних зсувів максимально зростає до 90%. І навпаки, при зменшенні опадів, сейсмічної і сонячної активності ймовірність зменшення активізації зсувних процесів зростає до 90%.

Розглянемо три можливих варіанти розвитку зсувного процесу.

Варіант №1 – надмірне збільшення опадів (на поточний період значне перевищення 10% приросту в порівнянні з середніми даними).

Варіант №2 – різке збільшення кількості підземних поштовхів, тобто активізація сейсмічної активності з магнітудою, що перевищує 8,5К.

Варіант №3 – збільшення сонячної активності.

Для прийняття управлінського рішення необхідно визначити стратегії керування при першому, другому та третьому варіанті протікання зсувного процесу. Оскільки впливати на процес можна виключно за допомогою вкладання коштів в заходи укріплення, то постає питання про розрахунки оптимального обсягу вкладених

коштів. Визначимо декілька стратегій керування. Перша стратегія: кошти не вкладаються доки не відбудуться певні зсувні процеси ($P(Y) = 0$). Друга стратегія: кошти вкладаються в середньому обсязі, але не регулярно ($P(Y) = 0,5$). Третя – кошти вкладаються в повному обсязі, вчасно і навіть з попередженням ($P(Y) = 1$). Для наочності результату покладемо значення другої стратегії керування рівною 100%, або 1 і обчислимо відносні значення всіх варіантів розвитку при відповідних стратегіях керування. Розрахунок критерію для кожного варіанту розвитку, краще значення якого і визначить оптимальну стратегію з числа розглянутих, наведено в табл.2.

Таблиця 2

Моделювання стратегій керування

Керування		Значення для інтегрального критерію			Обсяг витрат		
Стратегія	Укладення коштів	Варіант розвитку №1	Варіант розвитку №2	Варіант розвитку №3	ОВ №1	ОВ №2	ОВ №3
1	0	1,42	1,39	1,28	405 %	354 %	313 %
2	0,5	1,00	1,00	1,00	100 %	100 %	100 %
3	1	0,97	0,77	0,88	195 %	146 %	128 %

З наведеної таблиці видно, що найоптимальнішою є стратегія №3, яка гарантує найменший обсяг вкладених коштів незалежно від варіанту збільшення факторів, що провокують активізацію протікання зсувних процесів.

Таким чином, при визначенні оптимального керування ми використовували фактор – укладення коштів на протизсувні заходи, а також розраховували обсяг витрат при усуненні наслідків екзогенних процесів. Отже, має сенс доповнити побудовану мережу двома додатковими вершинами.

Уточнення мережі Байєса за допомогою додаткових вершин

Розширимо мережу Байєса новим фактором – укладення коштів (управляючий фактор), і новим результуючим показником – обсяг витрат. Побудуємо МБ для даних спостережень з 1962 по 2004 рік по Ялті. Для спрощення моделі вважатимемо, що укладення коштів на протизсувні заходи (money_facilities) впливають лише на кінцевий результат, тобто на загальний обсяг витрат (volume_of_expenses).

Таким чином, на першому рівні розташовано три вершини: опади (reins), землетруси (earthquake) та сонячна активність (sun_activity). На другому – дві: кількість активних зсувів (land side) та кошти, які вкладають в протизсувні заходи (money_facilities). На третьому – обсяг витрат на боротьбу з наслідками зсувних процесів та на заходи, що мають укріплювати зсувонебезпечні ділянки (volume_of_expenses). Кожна вершина має на відмінність від попередньої моделі три стани: small, normal, hight (низький рівень, середній і високий відповідно). Таблиця умовних ймовірностей для вершини landslide буде мати три стовпчика і $3^3 = 27$ рядків, а для вершини volume_of_expenses – 3×9 . Поточний стан моделювання за статистичними даними з 1962 по 2004 роки, що змодельований за допомогою програми Netica, яка свободно розповсюджується за допомогою Інтернета, представлений на рис. 2.

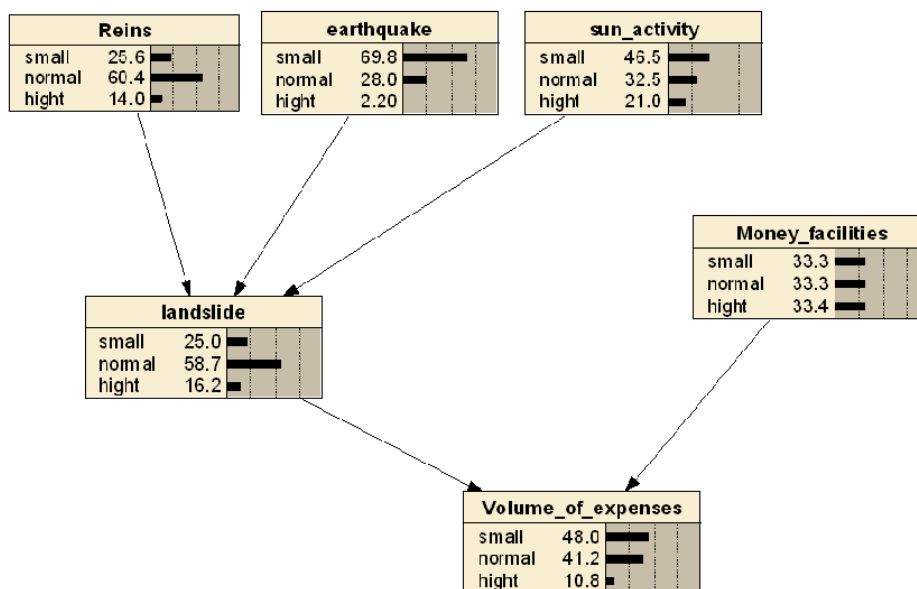


Рисунок 2 – Мережа Байєса моделювання зсувних процесів Південного берегу Криму за допомогою програми Netica

Проведемо навчання мережі. За допомогою експертних оцінок

заповнимо таблиці умовних ймовірностей факторів, що розташовані на другому і третьому рівнях і які залежать від попередніх.

Отже, за даними спостережень ймовірність активізації зсувних процесів становить 16,2%, а найбільш ймовірною є середня кількість активних зсувів, тобто 58,7%. Зниження активізації може спостерігатися в 25%. Оскільки надходження коштів точно не визначено, то слід припустити рівними ймовірності того, що кошти надходять в малому обсязі, в середньому або в повному, тобто рівними по 1/3 (33,3%). Таким чином, на останньому рівні загальний обсяг коштів, які необхідні для усунення наслідків руйнувань, скоріше за все слід виділяти в малому або середньому обсязі і тільки в 10,8% цей показник може становити високі значення.

Припустимо, що надійшла нова поточна інформація: пройшли сильні дощі, сейсмічна активність спостерігається на середньому рівні, і сонячна – також. З попередніх даних відомо, що протизсувні роботи не проводилися, тобто кошти майже не вкладалися. За результатами моделювання маємо такі висновки: 66% становить ймовірність різкого зростання активізації зсувних процесів і лише 33% - ймовірність того, що кількість зсувів становитиме середнє значення; загальний обсяг коштів у 62,7% різко підвищиться і тільки в 26,2% зостанеться на середньому рівні, як показано на рис. 3.

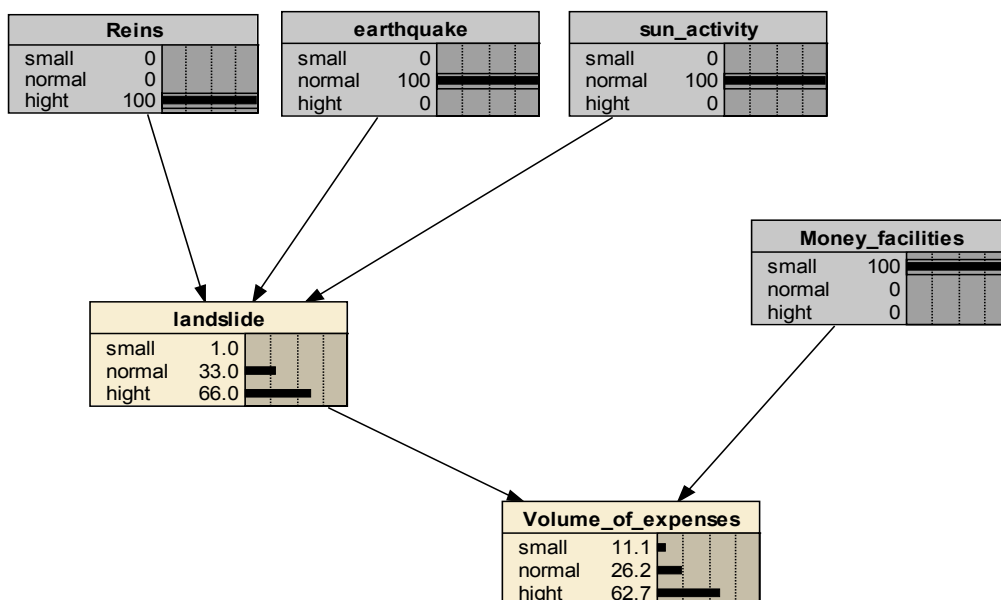


Рисунок 3 – Моделювання на мережі Байєса за допомогою програми Netica

Таким чином, при надходженні нових даних відбувається перерахунок результатуючих показників, що має вирішальне значення при

прийнятті управлінського рішення стосовно своєчасного попереджувального вкладення коштів, а також розподіл терміну вкладання, або негайне виділення додаткових сум на відновлення та відбудову пошкоджених доріг і будівель.

Висновки

Зсувні процеси, що відбуваються на Південному березі Криму та в інших районах, носять випадковий характер, залежать від багатьох факторів, містять велику долю невизначеності, а тому дуже важко піддаються прогнозуванню.

Південний берег Криму поділений на 12 підрайонів, по кожному з яких ведеться спостереження. Розрахунки проведено по ділянці №7 – Лівадія (Ялта). Для кожної з ділянок може бути розрахована відповідна мережа Байєса, отже, можна порівнювати отримані результати обчислень і робити висновки, на якій ділянці відбуватимуться зсувні процеси і як ліпше їх попереджувати.

Проведений аналіз показав, що використання мережі Байєса стає дедалі частішим при побудові СППР, які мають працювати в умовах невизначеності. Доцільно мережі Байєса використовувати при моделюванні процесів різного походження, що дає можливість враховувати структурні та статистичні невизначеності досліджуваних процесів, зокрема МБ може бути використана для моделювання зсувів на Південному березі Криму.

ЛИТЕРАТУРА

1. Таран В.М. Використання інтелектуальних систем при прогнозуванні зсувних процесів Південного берегу Криму. // Искусственный интеллект. – 2006. – №3. – С.441 – 449.
2. Таран В.М. Моделювання зсувних процесів Південного берегу Криму в умовах невизначеності. // Нові технології. – 2007. - № 1-2 (15-16). – С. 259 – 265
3. Терентьев А.Н., Бидюк П.И. Метод вероятностного вывода в байесовских сетях по обучающим данным // Кибернетика и системный анализ. – 2007. — № 3. — С. 93—99
4. Бидюк П.І., Кузнєцова Н.В. Основні етапи побудови і приклади застосування мереж Байєса. // Системні дослідження та інформаційні технології. – 2007. - №4. – С. 26 – 39.

АЛГОРИТМ И МОДЕЛИ ДЛЯ ДОЛГОСРОЧНОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ АГРОЭКОСИСТЕМЫ

Важнейшей задачей рационального земледелия и агроэкологии является прогнозирование состояния агроэкосистем (урожайности культур, экономической эффективности сельскохозяйственного производства, качества продукции, плодородия почвы) при различных значениях антропогенных факторов земледелия (удобрения, обработка почвы). По результатам прогнозов разрабатывают рекомендации оптимального управления технологическими процессами в земледелии. Анализ литературы [1,2,3,4,5] показывает, что существующие модели прогнозирования состояния агроэкосистем (балансовые модели, регрессионные модели, комплексные имитационные модели) имеют частный узконаправленный характер. Это проявляется в том, что агрономические и экологические задачи решаются отдельно, без учета их взаимосвязи в рамках единого технологического процесса. Кроме того, фактор погодных условий учитывается недостаточно полно. Как правило, прогнозы урожайности сельскохозяйственных культур разрабатываются исходя из средних типовых погодных условий. Потребности практики определяют необходимость одновременного достижения устойчивой урожайности культур севооборота при различных погодных условиях, высокой рентабельности сельскохозяйственного производства и сохранения плодородия почвы. Вышеприведенные рассуждения определяют необходимость разработки комплексных моделей, включающих следующие элементы:

- 1) базы данных урожайности культур, плодородия почвы, погодных условий;
- 2) регрессионные модели урожайности культур и плодородия почвы;
- 3) экономико-математические модели рентабельности сельскохозяйственного производства;
- 4) имитационные модели, описывающие чередование культур севооборота и погодные условия.

Рассмотрим основные элементы разработки комплексной модели агроэкосистемы, предназначенной для прогнозирования урожайности,

рентабельности производства сельскохозяйственных культур при условии сохранения плодородия почвы.

На Льговской опытно-селекционной станции проводились полевые опыты, изучающие влияние вносимых удобрений на урожайность культур севооборота и содержание гумуса в почве. При этом рассматривался следующий десятипольный севооборот: вико-овес, озимая пшеница, сахарная свекла, ячмень, клевер, озимая пшеница, сахарная свекла, горох, озимая рожь, кукуруза.

По результатам мониторинга агроэкосистемы созданы базы данных, содержащие информацию об урожайности культур, содержании гумуса в почве на начала ротаций при различных вариантах вносимых удобрений, а также погодных условиях (осадках и температуре).

Для оценки влияния погодных условий на урожайность культур выбран гидротермический коэффициент (ГТК), учитывающий такие важные для управления состоянием агроэкосистемы факторы как сумму осадков и сумму температур выше 10 °С., взятые за период вегетации.

С помощью критерия Неймана-Пирсона доказано, что случайная величина ГТК может быть описана нормальным законом распределения, так как расчетное значение λ^2 при этом оказалось меньшим предельно допустимого теоретического $\lambda^2_{пр}$ при 5 % уровне значимости. Определены параметры законов распределения ГТК для различных культур (например для клевера и сахарной свеклы математическое ожидание равно 1,35, среднее квадратическое отклонение равно 0,5).

На основании исходных данных полевых опытов разработаны регрессионные модели зависимости урожайности сельскохозяйственных культур от количества вносимых минеральных и органических удобрений, а также погодных условий.

Для примера приведем модель урожайности сахарной свеклы, выполненную по активному полнофакторному плану эксперимента $3 \times 3 \times 2$:

$$Y_3 = 34,32 \cdot x_1 + 59,88 \cdot x_2 + 23,27 \cdot x_3 + 21,52 \cdot x_1^2 - 24,82 \cdot x_2^2 - 2,52 \cdot x_1 \cdot x_2 - 0,03 \cdot x_1 \cdot x_3 - 12,79 \cdot x_2 \cdot x_3 + 333,88 . \quad (1)$$

Здесь Y_3 – урожайность сахарной свеклы (ц/га), x_1 – фактор погодных условий, выраженный через гидротермический коэффициент за вегетационные периоды культур, x_2 , x_3 – факторы минеральных и

органических удобрений (в дозах). Три уровня по фактору x_1 соответствуют трем типам погодных условий (жаркая, средняя, холодная погода), по фактору x_2 – 0, 1, 2 дозам минеральных удобрений, x_3 – 0, 1 дозам органических удобрений. Одна доза удобрений означает внесение 22 кг д. в. азота, 15 кг д. в. фосфора, 26 кг д. в. калия, 4 т навоза на 1 га в среднем по культурам.

Для оценки плодородия почвы разработана регрессионная модель зависимости изменения содержания гумуса в почве от количества вносимых удобрений.

$$\Delta Y_r = 0,127 \cdot x_2 + 0,396 \cdot x_3 - 0,9 \cdot x_2 \cdot x_3 - 0,622 \quad (2)$$

Здесь ΔY_r – изменение содержания гумуса в почве за период ротации (10 лет).

Для оценки экономической эффективности системы разработаны математические модели рентабельности производства культур севооборота.

Например, для озимой пшеницы модель рентабельности имеет вид:

$$R_2 = \left(\frac{C_{ур2} \cdot Y_2}{C_{б2} + C_{уб.2} \cdot (Y_2 - Y_{б2}) + C'_2} - 1 \right) \cdot 100\% \quad (3)$$

$$C'_2 = \frac{20}{K_N} \cdot X_2 \cdot (C_{уд.ед.N} + C_{погр.ед.мин} + 0,1 \cdot C_{ед.пер} \cdot S_{мин})$$

$$+ \frac{15}{K_P} \cdot X_2 \cdot (C_{уд.ед.р} + C_{погр.ед.мин} + 0,1 \cdot C_{ед.пер} \cdot S_{мин}) + \frac{25}{K_K} \cdot$$

$$X_2 \cdot (C_{уд.ед.к} + C_{погр.ед.мин} + 0,1 \cdot C_{ед.пер} \cdot S_{мин}) + C_{вн.мин.},$$

где R_2 – рентабельность производства озимой пшеницы; $C_{ур2}$ – цена реализации 1ц урожая; $Y_2, Y_{б2}$ – урожайность озимой пшеницы при рассматриваемом варианте внесения удобрений и при варианте абсолютный контроль (без удобрений); $C_{б2}$ – материально-денежные затраты при варианте абсолютный контроль; C'_2 – материально-денежные затраты, связанные с приобретением, погрузкой, перевозкой, внесением удобрений; $C_{уб.2}$ – стоимость уборки 1 ц урожая озимой пшеницы; $C_{уд.ед.N}$, $C_{уд.ед.р}$, $C_{уд.ед.к}$ – стоимость 1 ц азотных, фосфорных, калийных удобрений; $C_{погр.ед.мин}$ – стоимость погрузки 1 ц минеральных удобрений; $C_{ед.пер}$ – цена 1 т/км перевозки; $C_{вн.мин.}$ – стоимость внесения минеральных удобрений на 1 га площади; $S_{мин}$ –

расстояние (в км) от складов минеральных удобрений до полей; Кп, Кр, Кк - процент действующего вещества в используемых азотных, фосфорных, калийных удобрениях.

На основе объединения результатов ранее проведенных исследований разработан имитационный алгоритм, описывающий функционирование агроэкосистемы во времени. Он учитывает порядок чередования культур в севообороте, законы распределения случайной величины ГТК, характеризующей погодные условия, а также включает в себя аналитические модели урожайности и рентабельности сельскохозяйственных культур. В основу разработки имитационного алгоритма положен подход, заключающийся в определении последовательных состояний системы через некоторые интервалы времени Δt , где $\Delta t = 1$ год.

На вход моделирующего алгоритма поступает следующая информация: экономические данные, диапазоны урожайности сельскохозяйственных культур, стратегии управления количеством вносимых минеральных и органических удобрений, приводящие к стабилизации гумуса.

На выходе алгоритма рассчитываются следующие величины:

- средние урожайности культур севооборота;
- процентное соотношение урожаев, попавших в заданный диапазон, выше и ниже заданного диапазона;
- средние рентабельности производства культур севооборота.

Алгоритм имитационной модели агроэкосистемы представлен на рис 1.

Ниже приводится описание назначения основных блоков алгоритма.

1. Вводится таблица чисел нормального закона распределения с параметрами $M_b = 0$ (математическое ожидание) и $\sigma_b = 1$ (среднее квадратическое отклонение).

2. Вводится начальное значение гумуса $Y_{г.о} = 4,58\%$.

3. Выполняется ввод данных в диалоговом режиме:

а) экономических показателей (стоимость удобрений, стоимость погрузки удобрений, цена 1 т/км перевозки, расстояние от складов удобрений до полей, затраты на абсолютный контроль, цена реализации, стоимость уборки 1ц. урожая сельскохозяйственных культур.);

б) диапазонов заданной урожайности сельскохозяйственных культур.

4. Вводится вариант вносимых минеральных и органических удобрений.

5. Присваиваются начальные значения переменным Π , JJ , где Π - порядковый номер ротации в прогнозе, JJ - номер текущего года в ротации.

6. Проверяется условие окончания времени прогноза (100 лет), то есть выполнения неравенства $\Pi \leq 10$.

7. Проверяется условие окончания текущей ротации, то есть выполнения неравенства $JJ \leq 10$.

8. По номеру года в ротации (JJ) определяется текущая культура.

9. Формируется ГТК за вегетационный период культуры и по нему определяется тип погодных условий.

При этом выполняются следующие действия:

а) выбирается очередное значение из таблицы чисел нормального закона распределения с параметрами $M_b = 0$, $\sigma_b = 1$. Обозначим его через ГТК_б;

б) формируется значение ГТК за вегетационный период текущей культуры севооборота по следующей формуле :

$$\text{ГТК} = \text{ГТК}_b \cdot \sigma + M, \quad (4)$$

где σ и M - параметры закона распределения ГТК для текущей культуры. Для различных культур севооборота формула принимает следующий вид:

$$\text{ГТК} = \text{ГТК}_b \cdot 0,5 + 1,35, \quad (5)$$

для вико-овса, ячменя, гороха, озимых -

$$\text{ГТК} = \text{ГТК}_b \cdot 0,63 + 1,4, \quad (6)$$

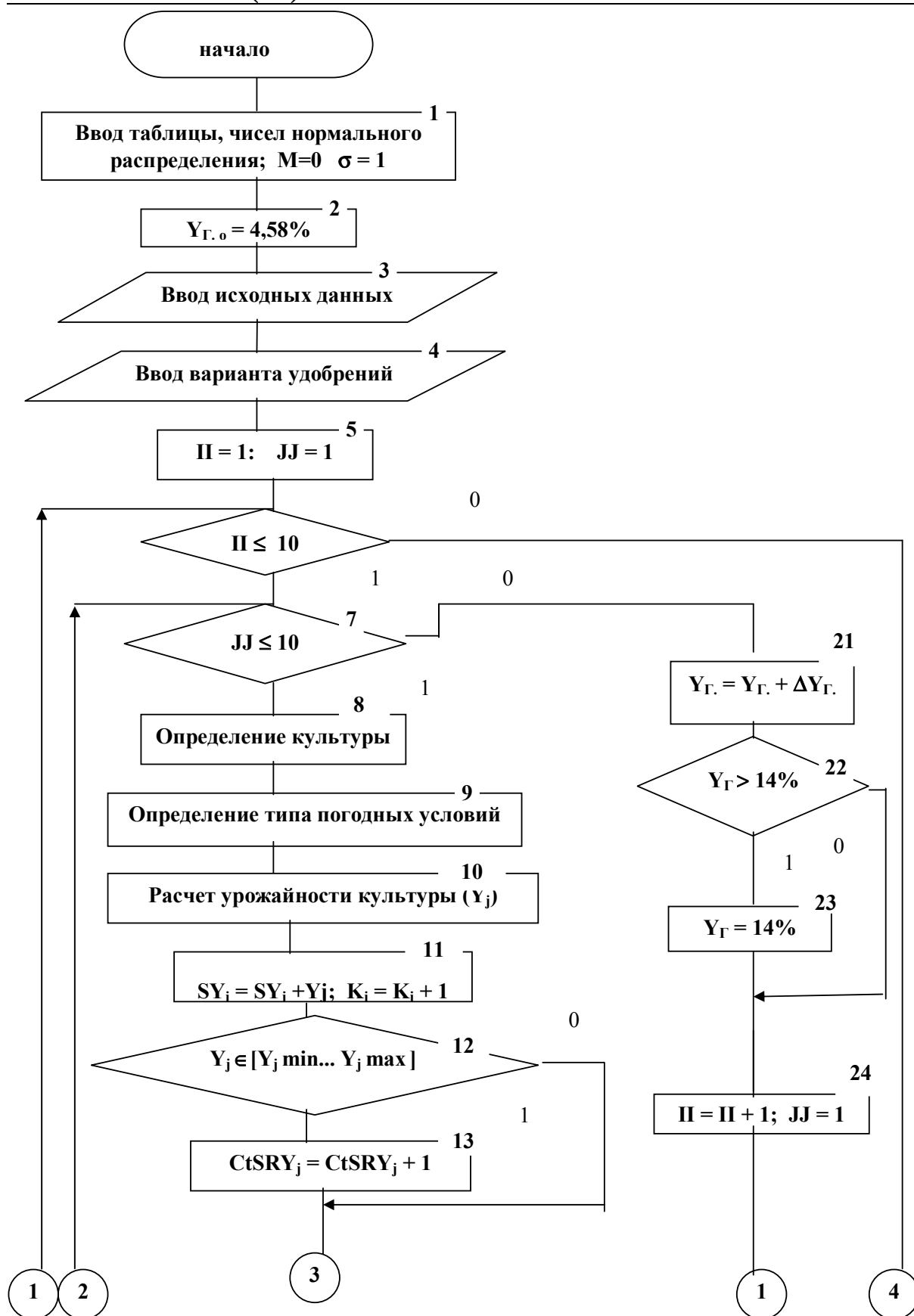
для кукурузы -

$$\text{ГТК} = \text{ГТК}_b \cdot 0,48 + 1,28. \quad (7)$$

в) По значению ГТК и виду культуры определяется тип погодных условий.

10. Выполняется расчет урожайности текущей культуры по регрессионной модели.

11. Моделируется накопление суммарной урожайности по текущей культуре SY_j и количества проходов культуры во время прогноза K_j .



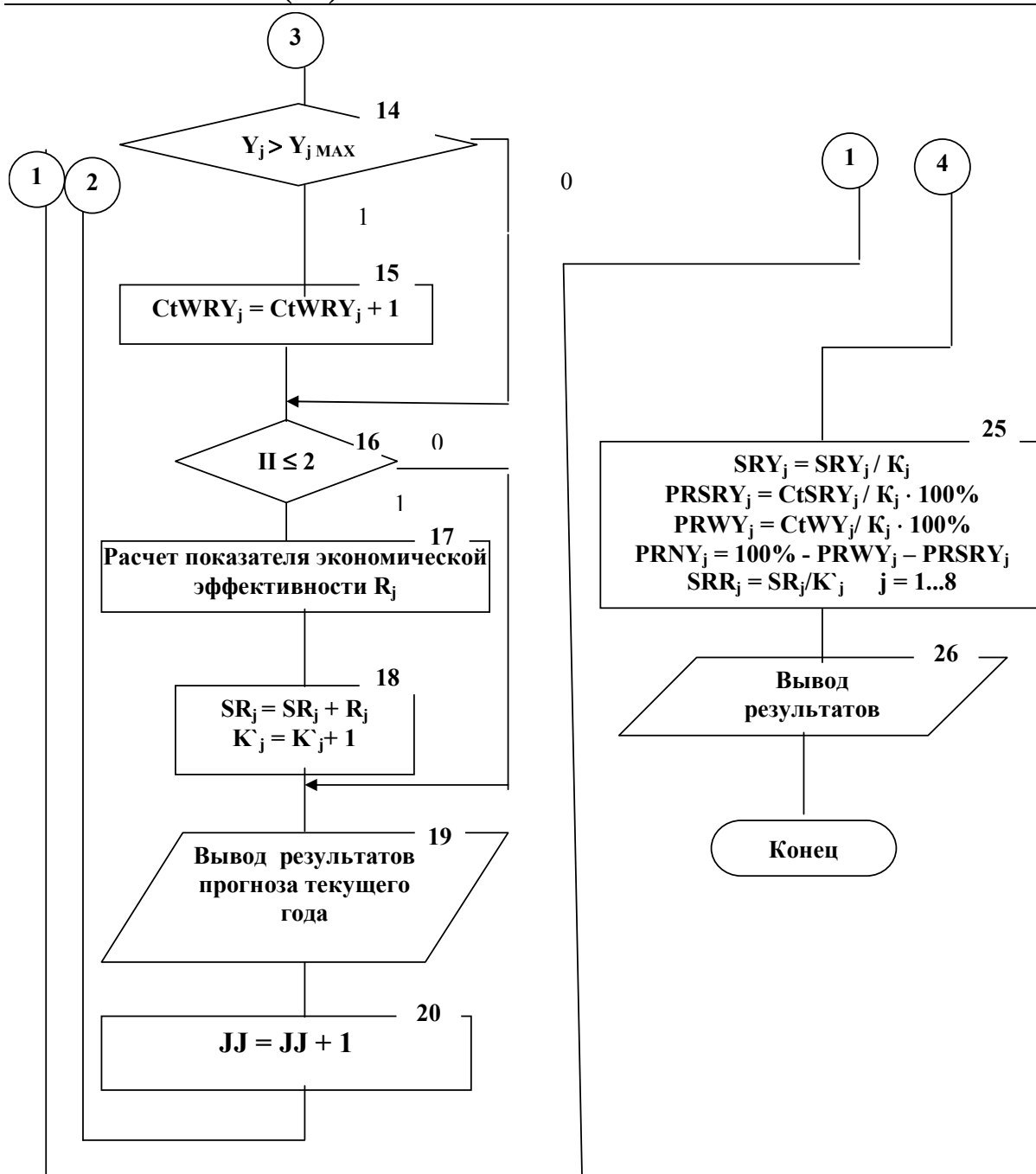


Рисунок 1 – Алгоритм имитационной модели агроэкосистемы для сахарной свеклы, клевера -

12. Проверяется условие, принадлежит ли урожайность культуры диапазону средних урожаев: $Y_j \in [Y_{jMIN} \dots Y_{jMAX}]$, где $Y_{jMIN} \dots Y_{jMAX}$ границы этого диапазона.

13. Увеличивается значение счетчика количества средних урожаев по j -ой культуре $CtSRY_j$.

14. Проверяется условие, является ли урожайность культуры высокой: $Y_j \geq Y_{jMIN}$.

15. Увеличивается значение количества высоких урожаев по j -ой культуре $CtWY_j$.

16. Проверяется условие окончания времени экономического прогноза (20 лет). Для этого необходимо, чтобы выполнялось неравенство

$$\Pi \leq 2.$$

17. Выполняется расчет рентабельности производства культуры.

18. Моделируется накопление суммарной экономической эффективности (SR_j), увеличение счетчика экономических прогнозов (k'_j) по j -ой культуре.

19. Выводятся результаты прогноза текущего года: номер года, культура, ГТК, тип погодных условий, урожайность культуры и рентабельность сельскохозяйственного производства при условии $\Pi < 2$

20. Происходит переход к следующему году севооборота.

21. По истечении ротации увеличивается содержание гумуса на величину $\Delta Y_{г.}$, заданную при постановке задачи управления.

22,23) В данных блоках алгоритма учитывается количество гумуса в почве, которое не может превышать определенного максимально возможного предела. Анализ литературы [1] показывает, что этот предел приблизительно равен 14%.

24. Происходит переход к новому севообороту.

25. Рассчитываются следующие величины:

- средние урожайности культур севооборота, по формуле

$$SRY_j = SY_j / K'_j \quad (8)$$

- процентное соотношение урожаев, попавших в диапазон, заданный пользователем модели, а также выше и ниже данного диапазона по формулам :

$$PRSRY_j = CtSRY_j / K_j \cdot 100\%, \quad (9)$$

$$PRWY_j = CtWY_j / K_j \cdot 100\% \quad (10)$$

$$PRNY_j = 100\% - PRWY_j - PRSRY_j \quad (11)$$

- среднее значение показателей экономической эффективности агроэкосистемы по формуле :

$$SRYR_j = SR_j / k'_j \quad (12)$$

26. Выводятся результаты прогноза:

- содержание гумуса через каждые 10 лет в течении всего времени прогноза;

- величины, рассчитанные в блоке №25 данного алгоритма.

На основе регрессионной модели плодородия почвы и имитационной модели агроэкосистемы обеспечивается возможность решения задач прогнозирования урожайности и рентабельности сельскохозяйственных культур в режимах стабилизации и расширенного воспроизводства гумуса.

В случае решения задачи стабилизации гумуса в алгоритме отсутствуют блоки 2, 21, 22, 23, описывающие процесс изменения плодородия почвы во времени.

На основе имитационной модели, проведено прогнозирование средней за длительный период времени урожайности и рентабельности производства сельскохозяйственных культур, а также статистической частоты попадания урожайности культур в диапазоны высоких, средних и низких урожаев. Диапазоны средних урожаев для наиболее важных сельскохозяйственных культур представлены в таблице 1. Высокими и низкими считаются те урожаи, которые находятся соответственно выше и ниже диапазона средних урожаев.

Результаты прогнозов урожайности и рентабельности производства для наиболее важных сельскохозяйственных культур представлены в таблицах 2,3.

Таблица 1

Границы диапазонов урожайности культур

Культура	Границы диапазонов урожайности (ц/га)	
	Левая	Правая
Озимая пшеница	32	40
Сахарная свекла	300	380
Озимая рожь	32	40

На основании проведенных исследований разработаны рекомендации по внесению удобрений, обеспечивающие запланированную урожайность культур, достаточно высокую экономическую эффективность сельскохозяйственного производства и сохранение гумуса в почве.

Так, например, для достижения максимальной урожайности сахарной свеклы (411 ц/га) при ограничениях на устойчивую урожайность других культур севооборота, рентабельность производства выше 75% и сохранение плодородия почвы можно рекомендовать внесение 1,9 доз минеральных удобрений и 1,692 доз органических удобрений.

Таблица 2

Средние урожайности и рентабельности сельскохозяйственных культур

Культура	Минеральные удобрения (в дозах)	Органические удобрения (в дозах)	Средняя урожайность (ц/га)	Средняя рентабельность (%)
Озимая пшеница	0	1,571	32,3	99,4
Озимая пшеница	1	1,618	37,4	109,5
Озимая пшеница	2	1,704	40,6	109,7
Озимая пшеница	3	1,913	41,9	102,5
Сахарная свекла	0	1,571	347	103
Сахарная свекла	1	1,618	394	105,9
Сахарная свекла	2	1,704	411	95,1
Сахарная свекла	3	1,913	393	70,6
Озимая рожь	0	1,571	33	74,1
Озимая рожь	1	1,618	38,2	83,5
Озимая рожь	2	1,704	40,8	81,4
Озимая рожь	3	1,913	40,4	69,4

Таблица 3

Статистические частоты высоких, средних и низких урожаев

Культура	Диапазон минеральных удобрений (в дозах)	Статистические частоты урожаев (%):		
		высоких	средних	низких
Озимая пшеница	0-0,1	0	80	20
Озимая пшеница	0,2-1,3	0	100	0
Озимая пшеница	1,4-1,5	45	55	0
Озимая пшеница	1,6-3,2	65	35	0
Сахарная свекла	0-0,9	35	65	0
Сахарная свекла	1,0-1,3	70	30	0
Сахарная свекла	1,4-3,0	100	0	0
Сахарная свекла	3,1-3,2	35	65	0
Озимая рожь	0-0,5	0	60	40
Озимая рожь	0,6-0,7	10	50	40
Озимая рожь	0,8-3,2	60	40	0

Итак, в результате проведенных исследований разработаны алгоритм и модели для прогнозирования эффективности эксплуатации

агроэкосистемы в условиях экологического равновесия (стабилизации гумуса).

В отличие от существующих методов моделирования агропроцессов, разработанный комплекс моделей более полно и объективно учитывает влияние фактора погодных условий на урожайность культур и позволяет одновременно обеспечить достижение устойчивой урожайности культур севооборота, достаточно высокой рентабельности сельскохозяйственного производства и сохранения плодородия почвы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Докучаев . В. В. Русский чернозем. М., Сельхозгиз. 1952. – 636 с.
2. Шатилов И.С., Чудновский А.Ф. Агрофизические, агрометеорологические основы программирования урожая. - Л.: Гидрометеиздат, 1980.-320 с.
3. Образцов А.С. Системный метод: применение в земледелии.-М.: Агропромиздат, 1990 - 303 с.
4. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта.- М.: Агропромиздат, 1985.- 351 с.
5. Державин Л.М., Рубанов И.А. Вид и анализ производственной функции «урожай-удобрение»//Агрохимия.1975.-№4.-С.124-130.

АЛГОРИТМ СЖАТИЯ ИНФОРМАЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СКАЛЯРНОГО КРИТЕРИЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБРАЗОВ

Постановка проблемы

Предложенный в статье алгоритм сжатия информации основан на использовании скалярного критерия для распознавания образов нейронной сетью. На вход нейронной сети подается двоичный ASCII код информации и рассчитывается скалярный критерий для его распознавания. Так для кодирования сообщения «Алгоритм сжатия!» в ASCII коде необходимо 128 битов, а скалярный критерий, являясь действительным числом двойной точности требует 64 бита. То есть получаем сжатие информации в 2 раза. Но для этого необходимо построить многослойную нейронную сеть с 128 нейронами на входе и 128 выходными нейронами, которая является классификатором двоичной информации на входе. То есть имеем задачу классификации.

Анализ публикаций

Для сжатия информации при передаче используются линейные, матричные, комбинированные и каскадные способы, которые гарантируют полное восстановление переданной информации [2]. Недостатком этих способов является зависимость коэффициента сжатия информации от структуры сжимаемых данных. В статье предложен алгоритм сжатия, который не зависит от структуры сжимаемых данных.

Цель статьи

Цель статьи – построение функционала и решающего правила (скалярного критерия для распознавания образов) для решения задачи сжатия информации. Функционал равен скалярному произведению векторов ошибок при распознавании нейронной сетью образов и соответствующих им эталонов. Построено решающее правило для классификации образов в виде утверждения: каждому образу, распознаваемому многослойным персептроном в многофакторном пространстве ошибок будет соответствовать свое значение $\cos(\lambda)$ и образ ближе к эталону, чем больше $\cos(\lambda)$.

$$\cos(\lambda) = \frac{(\overline{E}, \overline{X})}{\|\overline{E}\|_c \times \|\overline{X}\|_c},$$

где E - вектор ошибок в пространстве ошибок, полученный при распознавании нейронной сетью входного образа, X - вектор ошибок, полученный при распознавании нейронной сетью эталона. Что позволяет связать классификацию распознаваемых образов с поведением $\cos(\lambda)$ в многофакторном пространстве ошибок.

Изложение основного материала

Формализация задачи

Для задачи классификации M классов, в которой объединение M классов формирует все пространство входных образов, для представления всех возможных результатов классификации требуется M выходов[1]. Каким должно быть оптимальное решающее правило, применяемое для классификации M выходов сети после обучения многослойного персептрона? В общем случае решающее правило должно основываться на знании вектор-функции[1] $F: R^M_x \rightarrow y \in R^M$

Обычно в качестве вектор-функции берется непрерывная функция, минимизирующая функционал эмпирического риска [1]:

$$R = \frac{1}{2N} \sum_{j=1}^N \|d_j - F(x_j)\|^2$$

где d_j - желаемый выход для прототипа x_j ; $\| \cdot \|$ -Евклидова норма вектора; N - общее число примеров, представленных сети для обучения. Построить функционал и оптимальное решающее правило. В статье построен функционал равный скалярному произведению векторов ошибок при распознавание нейронной сетью образов и соответствующих им эталонов, который является вектор-функцией.

Формулировка скалярного критерия близости образов в пространстве ошибок. Переход из пространства параметров в пространство ошибок. Для распознавания трудноразличимых образов построим функционал

$$F = E_2 \times x_1 + E_3 \times x_2 + E_4 \times x_3 \quad (1)$$

E_2 – среднеквадратическая ошибка в пространстве параметров образа, полученная при обучении сети;

$$E_2 = \frac{1}{2} \sum_{j,p} (y_{j,p}^{(N)} - d_{j,p})^2$$

где $y_{j,p}^{(N)}$ – реальное выходное состояние нейрона j выходного слоя N нейронной сети при подаче на ее входы p -го образа; d_{jp} – идеальное (желаемое) выходное состояние этого нейрона.

E_3 – линейная ошибка сети, полученная как сумма модулей параметрического отклонения образа от эталона;

$$E_3 = \frac{1}{2} \sum_{j,p} |y_{j,p}^{(N)} - d_{j,p}|$$

где $y_{j,p}^{(N)}$ – реальное выходное состояние нейрона j выходного слоя N нейронной сети при подаче на ее входы p -го образа; d_{jp} – идеальное (желаемое) выходное состояние этого нейрона.

E_4 – максимальная ошибка параметрического отклонения образа от эталона.

$$E_4 = \frac{1}{2} \sum_{j,p} \max |y_{j,p}^{(N)} - d_{j,p}|$$

где $y_{j,p}^{(N)}$ – реальное выходное состояние нейрона j выходного слоя N нейронной сети при подаче на ее входы p -го образа; d_{jp} – идеальное (желаемое) выходное состояние этого нейрона.

x_1, x_2, x_3 – коэффициенты функционала, полученные при обучении сети. x_1 – среднеквадратическая ошибка, полученная при обучении сети, при заданном эталоне на входе сети; x_2 – линейная ошибка сети, полученная как сумма модулей параметрического отклонения образа от эталона, при заданном эталоне на входе сети; x_3 – максимальная ошибка параметрического отклонения образа от эталона, при заданном эталоне на входе сети;

Для каждого из распознаваемых образов получим свое значение функционала, соответствующее этому образу при обучении сети. Если даже для двух различных образов величины E_2, E_3, E_4 совпадут, значения функционала для этих образов будут различны. Если в качестве образов использовать волны, то первый член функционала отвечает за отклонение частоты образа от эталонной, второй член отвечает за отклонение по амплитуде волны образа от эталонной, третий член анализирует пиковые всплески сигнала. Функционал имеет нижнюю границу при $F=0$.

Для образов волновой природы функционал позволяет выделить вредные гармоники, подавить шумы и выделить полезный сигнал.

В соответствии с введенным функционалом (1) минимизируемой целевой функцией ошибки НС является величина:

$$E(w) = \frac{1}{2} \sum_{j,p} (y_{j,p}^{(N)} - d_{j,p})^2 + \frac{1}{2} \sum_{j,p} |y_{j,p}^{(N)} - d_{j,p}| + \frac{1}{2} \max_{j,p} |y_{j,p}^{(N)} - d_{j,p}| \quad (2)$$

где $y_{j,p}^{(N)}$ – реальное выходное состояние нейрона j выходного слоя N нейронной сети при подаче на ее входы p -го образа; d_{jp} – идеальное (желаемое) выходное состояние этого нейрона.

Суммирование ведется по всем нейронам выходного слоя и по всем обрабатываемым сетью образам. Минимизация ведется методом градиентного спуска [1].

При распознавании образа нейронной сетью вычисляем функционал, используя весовые коэффициенты, полученные при обучении сети.

Введем взвешенную норму в сепарабельном трехмерном пространстве ошибок распознавания образов (3).

$$\|X\| = \sqrt{(CX)^T(CX)} \quad (3)$$

где C – матрица взвешенной нормы.

Функционал F полученный при обучении сети равен скалярному произведению векторов ошибок (E_2, E_3, E_4) и (x_1, x_2, x_3) .

$$F = (\vec{E}, \vec{X}) = \cos(\lambda) * \|\vec{E}\| \times \|\vec{X}\| \quad (4)$$

Из определения нормы имеем:

$$\|\vec{E}\| = \sqrt{(CE)^T(CE)}$$

$$\|\vec{X}\| = \sqrt{(CX)^T(CX)}$$

Найдем косинус угла между векторами ошибок:

$$\cos(\lambda) = \frac{(\vec{E}, \vec{X})}{\|\vec{E}\| \times \|\vec{X}\|} \quad (5)$$

Аналогично находим косинусы для всех эталонных образов $F_1, F_2, \dots, F_n$, где n – число образов предъявленных сети при обучении, и сравниваем с $\cos(\lambda)$, полученным при распознавании нейронной

сеть входного образа. Тот функционал F_i , для которого $\cos(\lambda)$ наиболее близок к единице определяет соответствующий входному образу эталонный образ. Взвешенный критерий близости образов в пространстве ошибок (5) получен по аналогии с теоремой равновесия в задачах линейного программирования, которая утверждает, что скалярное произведение вектора решения прямой задачи на вектор решения обратной задачи равно нулю. То есть $(E, X) = 0$, где E -вектор ошибок в пространстве ошибок, полученный при распознавании нейронной сетью входного образа, а X - вектор ошибок, полученный при распознавании нейронной сетью эталона. Вектор E – вектор решения прямой задачи линейного программирования, а X -вектор решения обратной задачи линейного программирования. Для расчета взвешенного критерия используется взвешенная норма в пространстве ошибок. В общем случае вектора ошибок $E = (e_1, e_2, \dots, e_k)$ и $X = (x_1, x_2, \dots, x_k)$, где k - количество факторов, влияющих на ошибку распознавания образов многослойным персептроном, т.е. это не размерность пространства образов. Входной образ $Y_{ex} = (y_1, y_2, \dots, y_m)$. Эталонный образ $D_{ebx} = (d_1, d_2, \dots, d_m)$, где m - количество входных нейронов, равное количеству выходных нейронов в многослойном персептроне. Вектор E получен при распознавании многослойным персептроном входного образа Y_{ex} , когда за эталон был взят D_{ebx} , а вектор X получен, когда на вход сети подали D_{ebx} и ожидали Y_{ex} . Теперь можно оценить близость распознаваемых образов к эталону по правилу (взвешенный критерий): образ ближе к эталону, чем больше $\cos(\lambda)$.

$$\cos(\lambda) = \frac{(\overline{E}, \overline{X})}{\|\overline{E}\|_c \times \|\overline{X}\|_c}$$

В случае когда образ совпадает с эталоном $\cos(\lambda) = 1$ (не учитывая вычислительные ошибки алгоритма).

Выводы

Каждому образу, распознаваемому многослойным персептроном в многофакторном пространстве ошибок соответствует свое значение скалярного критерия $\cos(\lambda)$. В данной работе построено изоморфное отображение множества распознаваемых образов на множество действительных чисел из интервала $[0, 1]$, которое позволяет связать классификацию распознаваемых образов с поведением $\cos(\lambda)$ в многофакторном пространстве ошибок. Задавая определенные

интервалы для значений $\cos(\lambda)$ мы можем группировать образы, распознавать, сравнивать и анализировать их. Впервые построено решающее правило для классификации образов в виде утверждения: каждому образу, распознаваемому многослойным персептроном в многофакторном пространстве ошибок будет соответствовать свое значение $\cos(\lambda)$ и образ ближе к эталону, чем больше $\cos(\lambda)$.

$$\cos(\lambda) = \frac{(\overline{E}, \overline{X})}{\|\overline{E}\|_c \times \|\overline{X}\|_c},$$

где E - вектор ошибок в пространстве ошибок, полученный при распознавании нейронной сетью входного образа, X - вектор ошибок, полученный при распознавании нейронной сетью эталона. Предложенный в статье алгоритм сжатия информации основан на использовании скалярного критерия для распознавания образов нейронной сетью и не зависит от структуры сжимаемых данных. На вход нейронной сети подается двоичный ASCII код информации и рассчитывается скалярный критерий для его распознавания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хайкин Саймон Нейронные сети: полный курс, 2-е издание. : Пер. с англ. – М. : Издательский дом «Вильямс», 2006. – 1104 с.
2. Жураковський Ю, П., Полторак В. П. Теорія інформації та кодування Видавництво «Вища школа», 2002. -255 с.
3. Горбань А.Н. Обучение нейронных сетей. М.: изд. СССР-США СП "ПараГраф", 1990. 160 с.
4. Кохонен Т. Ассоциативная память. - М.: Мир, 1980. 123 с.
5. Рассоха А.А., Четырбок П.В. Скалярный критерий близости в пространстве распознаваемых образов.- Европейский университет. – Ялта, 2007.-26с.-Укр.-Деп. в ГНТБ Украины
6. Амосов Н.М. Алгоритмы разума. Киев НАУКОВА ДУМКА 1979.- 222 с.
7. Глибовець М.М., Олецький О.В. Штучний інтелект Київ «КМ Академія» 2000. -365 с.
8. Richard M.D. and R.P. Lipman Neural network classifiers estimate Bayesian a posteriori probabilities, Neural Computation, 1991, vol.3, p. 461-483.
9. White H. Learning in artificial neural networks: A statistical perspective, Neural Computation, 1989, vol.1, p. 425-464.

СОДЕРЖАНИЕ

<i>R. A. Chizhenkova</i> MATHEMATICAL ANALYSIS OF BIBLIOMETRICAL INDICES OF NEUROPHYSIOLOGICAL INVESTIGATIONS OF ACTION ELECTROMAGNETIC FIELDS (MEDLINE-INTERNET).....	3
<i>A. Tunik, M. A. Touat</i> COMBINATION OF FUZZY AND "CRISP" PRINCIPLES IN MODERN MULTIVARIABLE ROBUST FLIGHT CONTROL	10
<i>С. В. Вишемирська</i> АНАЛІЗ ОРГАНОЛЕПТИЧНИХ ТА ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ПРОДУКТУ ЗА ДОПОМОГОЮ БАЙЄСОВСЬКИХ МЕРЕЖ	27
<i>Ю. А. Водлазский, А. И. Михалев, Т. А. Лихоузова</i> МЕТОД МАКСИМУМОВ МОДУЛЕЙ ВЕЙВЛЕТ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ В ЗАДАЧАХ АНАЛИЗА ПОВЕРХНОСТЕЙ МАТЕРИАЛОВ.....	36
<i>В. Э. Волков, Э. И. Жуковский</i> ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ ПО ВОПРОСАМ ВЗРЫВБЕЗОПАСНОСТИ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ	43
<i>М. А. Вороненко</i> СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО УПРАВЛЕНИЮ САНИТАРНО-ЭПИДЕМИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКОЙ РЕГИОНА	49
<i>В. И. Гнатюк, Ю. Н. Бардачев, А. А. Дидык</i> ПРИМЕНЕНИЕ ПРИНЦИПА СОВПАДЕНИЯ РЕГУЛЯРНЫХ ИМПУЛЬСНЫХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ В ЛОКАЦИИ И НАВИГАЦИИ	55
<i>А. П. Гожий</i> ПОДХОД К ПОСТРОЕНИЮ ОБОБЩЕННЫХ ОЦЕНОК ЭФФЕКТИВНОСТИ СЦЕНАРИЕВ	66
<i>І. Ю. Грішин</i> ОСОБЛИВОСТІ УРАХУВАННЯ КОРЕЛЬОВАНИХ ПОМИЛОК ВИМІРЮВАНЬ ПРИ РЕКУРЕНТНІЙ ФІЛЬТРАЦІЇ.....	71
<i>А. И. Деревянко, Сяо Цзефан</i> МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ ФРАКТАЛЬНЫХ НАНОПЛЕНОК	78
<i>І. М. Дронюк, М. А. Назаркевич</i> ПРОСТОРОВЕ МОДЕЛЮВАННЯ АТЕВ-ФУНКЦІЙ.....	83

<i>А. А. Каргин, Е. А. Семенихина</i> О ПРИМЕНЕНИИ НЕЧЕТКИХ МОДЕЛЕЙ В ЗАДАЧЕ ИДЕНТИФИКАЦИИ СЛЕДА ПЕРА.....	91
<i>В. И. Литвиненко, А. А. Дидык</i> ПРИМЕНЕНИЕ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ИСКУССТВЕННЫХ ИММУННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ГИДРОАКУСТИЧЕСКОГО ОБНАРУЖЕНИЯ	99
<i>О. А. Машков, Л. М. Усаченко</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ АЛГОРИТМА УПРАВЛЕНИЯ БОЛЬШИМИ НЕЛИНЕЙНЫМИ СИСТЕМАМИ.....	116
<i>А. И. Парамонов</i> «УМНЫЙ ПОЧТАЛЬОН» – АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА СБОРА НОВОСТНЫХ ЛЕНТ	125
<i>О. Н. Поляруш, К. И. Прокопенко</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ В КАЧЕСТВЕ МЕТОДА УПРАВЛЕНИЯ СЛОЖНЫМИ СИСТЕМАМИ.....	132
<i>К. И. Прокопенко, А. И. Прокопенко</i> СОВРЕМЕННЫЕ ВЕБ-СИСТЕМЫ И ПРОБЛЕМЫ БЫСТРОДЕЙСТВИЯ КЛИЕНТСКИХ ПРИЛОЖЕНИЙ.....	141
<i>Ф. Б. Рогальский</i> МОДЕЛИ ПОВЕДЕНИЯ ИНДИВИДУУМА В СОЦИОТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ	147
<i>Г. А. Степанкова, Г. В. Баклан</i> НАВЧАННЯ ПРИХОВАНІХ МАРКІВСЬКИХ МОДЕЛЕЙ	159
<i>В.М. Таран</i> НАВЧАННЯ МЕРЕЖІ БАЙЄСА ПРИ МОНІТОРИНГУ ТА ПРОГНОЗУВАННІ ЗСУВНИХ ПРОЦЕСІВ ПІВДЕННОГО БЕРЕГА КРИМУ	166
<i>К. А. Тезик</i> АЛГОРИТМ И МОДЕЛИ ДЛЯ ДОЛГОСРОЧНОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ АГРОЭКОСИСТЕМЫ	174
<i>П. В. Четырбок</i> АЛГОРИТМ СЖАТИЯ ИНФОРМАЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СКАЛЯРНОГО КРИТЕРИЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБРАЗОВ	188

УДК 577.359

Чиженкова Р. А. **Математичний аналіз бібліометричних показників нейрофізіологічних досліджень дії електромагнітних полів (Medline-Internet)** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 6 (59). – Дніпропетровськ, 2008. – С. 3–9.

Наведені бібліометричні дані по дослідженням, виконаним на нейрофізіологічних об'єктах (цілісний мозок, кора великих півкуль, нейрони, нерви) з використанням електромагнітних полів. Розглянуті кількісні характеристики публікацій обраних напрямків за 35-річний інтервал часу (1966-2000). Проаналізовані числа статей вказаних типів. Зроблено висновок про перспективи досліджень дії електромагнітних полів на нейрофізіологічних об'єктах.

Бібл. 9, табл. 7.

УДК 681.511.42.037.5(045)

Туник А. А., Туат М. А. **Комбінація нечітких та чітких підходів для багатомірних робастних систем керування польотом** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 6 (59). – Дніпропетровськ, 2008. – С. 10–26.

Стаття присвячена поєднанню нечітких ("м'яких") та чітких принципів управління польотом в багатовимірних системах. Закон управління складається з двох частин. Перша частина являє собою внутрішній контур управління, який побудований на основі H_2/H_∞ -робастної оптимізації. Друга частина складається з зовнішнього контуру, в якому застосовано нечітку логіку. Нечіткий регулятор, який описано в даній статті, має властивість адаптації його бази правил на зразок традиційного чіткого адаптивного управління.

Бібл. 16, ил. 3.

УДК 004.942

Вишемирська С. В. **Аналіз органолептичних та фізико-хімічних показників продукту за допомогою байєсовських мереж** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 6 (59). – Дніпропетровськ, 2008. – С. 27–35.

Проаналізовано частину технологічного процесу виробництва сухих сумішей для дитячого харчування. Розглянуто контроль якості кінцевого продукту в залежності від показників якості компонентів суміші. Запропоновано інтелектуальну систему аналізу органолептичних та фізико-хімічних показників засобами байєсовських мереж. Ця система призначена для вдосконалення та оптимізації роботи підприємства.

Бібл. 11, іл. 4.

УДК 669.01:530.1:539.4

Водолазский Ю. А., Михалев А. И., Лихоузова Т.А. **Метод максимумів модулів вейвлет перетворення в задачах аналізу поверхонь матеріалів** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 6 (59). – Дніпропетровськ, 2008. – С. 35–42.

В роботі показана можливість використання методу максимуму вейвлет перетворення для аналізу металографічних зображень.

Бібл. 10, ілл. 2

УДК 681.513+519.71+534.2

Волков В. Э., Жуковский Э. И. **Прийняття рішень по питаннях вибухонебезпеки в умовах невизначеності** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 6 (59). – Дніпропетровськ, 2008. – С. 43–48.

Розглянуто проблеми оцінки вибухонебезпеки систем шляхом синтезу двох моделей прийняття рішень – класичної (на базі точної математичної теорії горіння та вибуху) та невизначеної (на основі нечіткої логіки). Отримані оцінки дають змогу приймати рішення у вигляді рекомендацій по запобіганню та стримуванню вибухових процесів.

Бібл. 7.

УДК 681.5

Вороненко М. А. **Система підтримки прийняття рішень по керуванню санітарно-епідеміологічним станом регіону** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 6 (59). – Дніпропетровськ, 2008. – С. 49–54.

У роботі описана структура розробленої авторами СППР для оптимізації роботи особи, що приймає рішення в умовах виникнення надзвичайних ситуацій санітарно-епідеміологічного характеру.

Процес знаходження управлінських рішень має ітераційний характер, при цьому початкові дані можуть уточнюватися або змінюватися й аналізуються неодноразово. Залежно від мінливих даних за допомогою підсистеми «Програмне забезпечення» користувач може бачити реальну картину змін у часі й очікуваний результат.

Система є розширюваною, платформо незалежною, та є призначеною для роботи в локальній і глобальній обчислювальній мережах.

Бібл. 4, іл. 4.

УДК 621.396

Гнатюк В. И., Бардачев Ю. М., Дідик О. О. **Використання принципу співпадання регулярних імпульсних послідовностей в локації та навігації** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 6 (59). – Дніпропетровськ, 2008. – С. 55–65.

Розроблено математичну модель цифрового перетворення фази, що ґрунтується на принципі збігу регулярних імпульсних послідовностей. Отримана модель використовується для опису методів перетворення координат об'єктів на площині для наступного синтезу пристроїв погрішність квантування. Розроблений метод дозволив знизити погрішність квантування до величини тривалості імпульсів у співпадаючих послідовностях.

Бібл. 13, іл. 4.

УДК 519.6

Гожий О.П. **Підхід до побудови узагальнених оцінок ефективності сценаріїв** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 6 (59). – Дніпропетровськ, 2008. – С. 66–71.

Розглянуто особливості застосування методів непараметричної статистики для оцінки експертних даних в задачах сценарного аналізу. Наведена класифікація непараметричних задач. Детально розглянуті непараметричні методи перевірки гіпотез. Представлено програмний комплекс для непараметричного оцінювання.

Бібл. 6

УДК 681.5.015.44:621.396.96

Грішин І. Ю. **Особливості урахування корельованих помилок вимірювань при рекурентній фільтрації** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. - Випуск 6 (59). - Дніпропетровськ, 2008. - С. 72–79.

Виконаний синтез рекурентного фільтра, що дозволяє урахувати присутню на його вході помилку вимірювання, що повільно змінюється. Наведені результати моделювання синтезованого фільтра. Показана доцільність застосування фільтра при нелінійної функції помилок радіолокаційних вимірювань, що повільно змінюються.

Бібл. 8, іл. 2.

УДК 530.1

Деревянко А. И., Сяо Цзефан **Модель формування фрактальних наноплівки** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. - Випуск 6 (59). - Дніпропетровськ, 2008. - С. 80–84.

Модифікована програма моделювання процесу формування кластера, для чого автори брали на увагу рівень дисоціації формування кластерного об'єкту. Запропонована модифікація дозволила зробити зворотним процес формування кластеру. Експериментальні дослідження довели, що послідовності кластерів які створюються мають різну форму але однаковий фрактальний розмір.

Бібл. 4, іл. 2.

УДК 681.62:655

Дронюк І. М., Назаркевич М. А. **Просторове моделювання Ateb-функцій** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. - Випуск 6 (59). - Дніпропетровськ, 2008. - С. 85–92.

Розглянуто застосування теорії Ateb-функцій до моделювання нелінійних процесів. Розроблено алгоритми та методи обрахунку значень розв'язків, знайдених аналітично, та промодельовано їх поведінку в залежності від параметрів. Проілюстровано розроблені методи обчисленням числа π . Результати можуть бути використані в задачах управління складними системами.

Бібл. 8, іл. 2.

УДК 658.012.011.56

Каргин А. А., Семенихина Е. А. **Про використання нечітких моделей в задачі ідентифікації розчерку пера** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. - Випуск 6 (59). - Дніпропетровськ, 2008. - С. 93–100.

У статті розглядається проблема ідентифікації процесів на прикладі динамічного розчерку. Досліджується можливість використання традиційних нечітких підходів для побудування такої нечіткої характеристики траєкторії розчерку, на основі якої можливо розв'язування задачі ідентифікації. Представлена нечітка модель динамічного розчерку, що враховує зміни напрямку руху пера в кожній контрольній точці. Запропонований засіб оцінки схожості розчерку зі зразком за їхнім нечітким уявленням. Запропоновані та розглянуті різні модифікації нечіткої моделі розчерку, спрямовані на полегшення порівняння розчерку зі зразком. Описаний комп'ютерний експеримент, задача якого є виявити корисний ефект кожної з модифікацій при ідентифікації розчерку.

Бібл. 4, іл. 7.

УДК 519.71

Литвиненко В.І. **Використання модифікованих штучних імунних мереж для вирішення задач гідроакустичного виявлення** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць, № 6 (59). – Дніпропетровськ, 2008. – С. 101–117.

В роботі описаний розроблений метод автоматичного розпізнавання гідроакустичних сигналів на основі розроблених авторами штучних імунних мереж. Проведені порівняльні експериментальні дослідження між різними модифікаціями імунних мереж. Отримані результати демонструють високу ефективність використання штучних імунних мереж для розв'язання даного класу задач.

Бібл. 19, іл.6, табл.2.

УДК 681.51

Машков О. А., Усаченко Л. М. **Моделювання алгоритму керування великими нелінійними системами** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 6 (59). – Дніпропетровськ, 2008. – С. 118–126.

У роботі запропонований ітеративний алгоритм для формування нелінійної керуючої впливи для складних динамічних систем. Показано, що реалізація цього алгоритму дозволить істотно спростити обчислювальні процедури при організації синергетичного керування великими динамічними об'єктами.

Бібл. 4.

УДК 004.89:004.4+16.31.21+20.23.19

Парамонов А. И. **«Розумна листоноша» – автоматизована система збору новинних стрічок** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 6 (59). – Дніпропетровськ, 2008. – С. 127–133.

Розглянута проблема пошуку і доставки динамічних даних в неоднорідному середовищі мережі Інтернет. Викладено основні принципи і задачі автоматизованих систем збору текстової інформації. Запропоновано та описано метод інтелектуальної фільтрації новинних стрічок. Запропоновано програмне забезпечення для рішення поставлених задач на основі описаного методу. Описано структуру та функціональність автоматизованої системи «Розумна листоноша».

Бібл. 3.

УДК 681.3.068

Поляруш О. Н., Прокопенко К. И. **Використання нечіткої логіки в якості метода керування складними системами** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 6 (59). – Дніпропетровськ, 2008. – С. 134–142.

Управління складними системами є одним із ключових питань інформаційного суспільства, що динамічно розвивається. Промисловість, військова індустрія, галузь економіки та фінансів – кожна із цих областей у тій чи іншій мірі використовують системи, побудовані на основі роботи з даними. Однією із актуальних проблем являється формалізація та обробка такої невизначеної інформації. У даній статті розглянуті рекомендовані ситуації використання нечіткого управління, а також наведений стислий огляд принципів використання нечіткого управління у якості метода управління складними системами.

Бібл. 12.

УДК 681.518

Прокопенко К. И, Прокопенко А. И. **Сучасні веб-системи та проблеми швидкодії клієнтських додатків** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 6 (59). – Дніпропетровськ, 2008. – С. 143–148.

Збільшення продуктивності та можливостей веб-клієнтів є ключовим питанням, що задають собі при розробці сучасних веб-систем. На поточному ринку веб-продуктів все більшим попитом користуються можливості інтерактивної праці з користувачем, а також великі можливості у програванні відео, аудіо, можливості по відображенню потокового відео, а також великий набір інструментів для роботи на боці клієнта. В цій статті були розглянуті ситуації використання принципів підвищення реактивності веб-систем, а також був наведений стислий огляд інструментів, що підвищують інтерактивність та продуктивність клієнтської частини веб-системи.

Бібл. 2, іл. 2.

УДК 338:519

Рогальський Ф. Б. **Моделі поведінки індивідуума в соціотехнічній системі** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 6 (59). – Дніпропетровськ, 2008. – С. 149–160.

У роботі запропоноване шаблонно-стереотипне подання структур систем і процесів, розглянуті класи шаблонів. Показано, що даний підхід дозволяє ефективно розробляти складні структури ієрархічних систем. Проведено дослідження шаблону-стереотипного подання структур систем і інформаційних процесів для моделювання поведінки індивідуума в соціотехнічній системі. Продемонстровано, як запропоновані в роботі шаблонно-стереотипне подання систем і процесів дозволяє створювати моделі соціальних підсистем різних соціотехнічних систем.

Бібл. 11, іл. 7.

УДК 519.8

Степанкова Г. А., Баклан І. В. **Навчання прихованих марківських моделей** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 6 (59). – Дніпропетровськ, 2008. – С. 161–167.

Зроблений огляд існуючих підходів до навчання прихованих марківських моделей.
Бібл. 11.

УДК 519-283

Таран В. М. **Навчання мережі Байєса при моніторингу та прогнозуванні зсувних процесів Південного берега Криму** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 6 (59). – Дніпропетровськ, 2008. – С. 168–175.

В статті розглянуто моделювання зсувних процесів Південного берегу Криму за допомогою мережі Байєса, а також управління протизсувними заходами за допомогою вкладання коштів. Обрано загальний показник – обсяг витрат на усунення наслідків екзогенних процесів. Проведено навчання мережі, отримано результати моделювання.

Бібл. 4, іл. 3.

УДК 631:574.4

Тезик К. А. **Алгоритм і моделі для довгострокового прогнозування стану агроэкосистемы** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 6 (59). – Дніпропетровськ, 2008. – С. 176–186?.

У статті представлені алгоритм і моделі, призначені для прогнозування врожайності і рентабельності виробництва сільськогосподарських культур. Приведені результати прогнозів стану агроэкосистемы при співвідношеннях мінеральних і органічних добрив, що вносяться, обеспечиваючих збереження родючості ґрунту.

Бібл. 5, іл. 1.

УДК 004.032.26:004.8

Четирбок П.В. **Алгоритм стиснення інформації з використанням скалярного критерію розпізнавання образів** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 6 (59). – Дніпропетровськ, 2008. – С. 187–193.

Побудовано ізоморфне відображення множин образів на множену дійсних чисел з інтервалу $[0,1]$, яке дозволяє зв'язати класифікацію образів з поведінкою скалярного критерію в просторі помилок. Задаючи певні інтервали для значень скалярного критерію, можемо групувати образи, розпізнавати, порівнювати і аналізувати їх. В роботі побудований алгоритм стиснення інформації з використанням скалярного критерію.

Бібл. 6.

УДК 577.359

Чиженкова Р. А. **Математический анализ библиометрических показателей нейрофизиологических исследований действия электромагнитных полей (Medline-Internet)** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 6 (59). – Дніпропетровськ, 2008. – С. 3–9.

Представлены библиометрические данные по исследованиям, выполненным на нейрофизиологических объектах (целостный мозг, кора больших полушарий, нейроны, нервы) с применением электромагнитных полей. Рассмотрены количественные характеристики публикаций выбранных направлений за 35-летний интервал времени (1966-2000). Проанализированы числа статей указанных типов. Сделано заключение о перспективах исследований действия электромагнитных полей на нейрофизиологических объектах.

Библ. 9, табл. 7.

УДК 681.511.42.037.5(045)

Туник А. А., Туат М. А. **Комбинация нечетких и четких подходов для многомерных робастных систем управления полетом** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 6 (59). – Дніпропетровськ, 2008. – С. 10–26.

Статья посвящена сочетанию нечетких ("мягких") и четких принципов управления полетом в многомерных системах. Закон управления состоит из двух частей. Первая часть представляет собой внутренний контур управления, который построен на основе H_2/H_∞ -робастной оптимизации. Вторая часть состоит из внешнего контура, в котором используется нечеткая логика. Нечеткий регулятор, описанный в данной статье, имеет свойство адаптации его базы правил аналогично традиционному четкому адаптивному управлению.

Библ. 16, ил. 3.

УДК 004.942

Вышемирская С. В. **Анализ органолептических и физико-химических показателей продукта с помощью байесовских сетей** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 6 (59). – Дніпропетровськ, 2008. – С. 27–34.

Проанализирована часть технологического процесса производства сухих смесей для детского питания. Рассмотрен контроль качества конечного продукта в зависимости от показателей качества компонентов смеси. Предложена интеллектуальная система анализа органолептических и физико-химических показателей средствами байесовских сетей. Эта система предназначена для усовершенствования и оптимизации работы предприятия.

Библ. 11, ил. 4.

УДК 669.01:530.1:539.4

Водолазский Ю. А., Михалев А. И., Т.А. Лихоузова **Метод максимумов модулей вейвлет преобразования в задачах анализа поверхностей материалов** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 6 (59). – Дніпропетровськ, 2008. – С. 35–42.

В работе показана возможность применения метода максимумов вейвлет преобразования для анализа металлографических изображений.

Библ. 10, ил. 2

УДК 681.513+519.71+534.2

Волков В. Э., Жуковский Э. И. **Принятие решений по вопросам взрывобезопасности в условиях неопределенности** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 6 (59). – Дніпропетровськ, 2008. – С. 43–48.

Рассмотрены проблемы оценки взрывоопасности систем посредством синтеза двух моделей принятия решений – классической (на базе строгой математической теории горения и взрыва) и неопределенной (на основе нечеткой логики). Полученные оценки позволяют принимать решения в виде рекомендаций по предотвращению и подавлению взрывных процессов.

Библ. 7.

УДК 681.5

Вороненко М. А. **Система поддержки принятия решений по управлению санитарно-эпидемиологической обстановкой региона** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 6 (59). – Дніпропетровськ, 2008. – С. 49–54.

В работе описана структура разработанной авторами СППР для оптимизации работы ЛПР в условиях возникновения чрезвычайных ситуаций санитарно-эпидемиологического характера.

Процесс нахождения управленческих решений имеет итерационный характер, при этом начальные данные могут уточняться или изменяться и анализируются неоднократно. В зависимости от меняющихся данных с помощью подсистемы «Программе забезпечення» пользователь может видеть реальную картину изменений во времени и ожидаемый результат.

Система является расширяемой, масштабируемой, платформо независимой и предназначенной для работы в локальных и глобальных вычислительных сетях.

Библ. 4, ил. 4.

УДК 621.396

Гнатюк В. И., Бардачев Ю. Н., Дидык А. А. **Применение принципа совпадения регулярных импульсных последовательностей в локации и навигации** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. - Випуск 6 (59). - Дніпропетровськ, 2008. - С. 55–65.

Разработана математическая модель цифрового преобразования фазы, которая основывается на принципе совпадения регулярных импульсных последовательностей. Полученная модель используется для описания методов преобразования координат объектов на плоскости для последующего синтеза устройств погрешность квантования. Разработанный метод позволил снизить погрешность квантования до величины длительности импульсов в совпадающих последовательностях.

Библ. 13, илл. 4.

УДК 519.6

Гожий А.П. **Подход к построению обобщенных оценок эффективности сценариев** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. - Випуск 6 (59). - Дніпропетровськ, 2008. - С. 66–71.

Рассмотрены особенности оценивание эффективности на этапе разработки сценария. Приведена классификация различных типов эффективности. Детально рассмотрены критерии эффективности сценариев. Представлен метод оценивания обобщенной эффективности сценариев на этапе их разработки.

Библ. 6

УДК 681.5.015.44:621.396.96

Гришин И.Ю. **Особенности учета коррелированных ошибок измерений при рекуррентной фильтрации** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. - Випуск 6 (59). - Дніпропетровськ, 2008. - С. 72–79.

Выполнен синтез рекуррентного фильтра, позволяющий учесть присутствующую на его входе медленно меняющуюся ошибку измерения. Приведены результаты моделирования синтезированного фильтра. Показана целесообразность применения фильтра при нелинейной корреляционной функции медленно меняющихся ошибок радиолокационных измерений.

Библ. 8, илл. 2.

УДК 530.1

Деревянко А. И., Сяо Цзефан **Модель формирования фрактальных нанопленок** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. - Випуск 6 (59). - Дніпропетровськ, 2008. - С. 80–84.

Модифицирована программа моделирования процесса формирования кластера, посредством учета уровня диссоциации кластерного образования. Предложенная модификация позволило сделать обратимым процесс формирования кластера. Экспериментальные исследования показали, что генерируемые последовательности кластеров имеют визуально различную форму, однако значения их фрактальной размерности совпадают.

Бібл. 4, іл. 2.

УДК 681.62:655

Дронюк І. М., Назаркевич М. А. **Пространственное моделирование Ateb-функций** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 6 (59). – Дніпропетровськ, 2008. – С. 85–92.

Рассмотрено применение теории Ateb-функций к моделированию нелинейных процессов. Разработаны алгоритмы и методы расчетов полученных аналитических выражений решений соответствующих дифференциальных уравнений, промоделировано поведение решений в зависимости от изменения параметров. Произведена иллюстрация разработанных методов для расчета числа π . Результаты могут быть использованы в задачах управления сложными системами.

Библ. 8, илл. 2.

УДК 658.012.011.56

Каргин А. А., Семенихина Е. А. **О применении нечетких моделей в задаче идентификации следа пера** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 6 (59). – Дніпропетровськ, 2008. – С. 93–100.

В статье рассматривается проблема идентификации процессов на примере динамического следа. Исследуется возможность использования традиционных нечетких подходов для построения такой нечеткой характеристики траектории следа, на основании которой возможно решение задачи идентификации. Представлена нечеткая модель динамического следа, учитывающая отклонения движения пера в каждой контрольной точке. Предложен способ оценки схожести следа с образцом по их нечетким представлениям. Предложены и рассмотрены различные модификации нечеткой модели следа, направленные на облегчение сопоставления следа с образцом. Описан компьютерный эксперимент, задача которого выявить полезный эффект каждой модификации при идентификации следа.

Библ. 4, илл. 7.

УДК 519.71

Литвиненко В.И. **Применение модифицированных искусственных иммунных сетей для решения задач гидроакустического обнаружения** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць, № 6 (59). – Дніпропетровськ, 2008. – С. 101–117.

В работе описан разработанный метод автоматического распознавания гидроакустических сигналов на основе разработанных авторами искусственных иммунных сетей. Проведены сравнительные экспериментальные исследования между различными модификациями иммунных сетей, Полученные результаты демонстрирует высокую эффективность применения искусственных иммунных сетей для решения данного класса задач.

Библ. 19, Рис.6, Табл.2.

УДК 681.51

Машков О. А., Усаченко Л. М. **Моделирование алгоритма управления большими нелинейными системами** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 6 (59). – Дніпропетровськ, 2008. – С. 118–126.

В работе предложенный итеративный алгоритм для формирования нелинейные управляющие воздействия для сложных динамических систем. Показано, что реализация этого алгоритма позволит существенно упростить вычислительные процедуры при организации синергетического управления большими динамическими объектами.

Библ. 4.

УДК 004.89:004.4+16.31.21+20.23.19

Парамонов А. И. **«Умный почтальон» - автоматизированная система сбора новостных лент** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 6 (59). – Дніпропетровськ, 2008. – С. 127–133.

Рассматривается проблема поиска и доставки динамических данных в неоднородной среде сети Интернет. Изложены основные принципы и задачи автоматизированных систем сбора текстовой информации. Предложен и описан метод интеллектуальной фильтрации новостных лент. Предложено программное обеспечение для решения поставленных задач на основе описанного метода. Описана структура и функциональность автоматизированной системы «Умный почтальон».

Библ. 3.

УДК 681.3.068

Поляруш О. Н., Прокопенко К. И. **Использование нечеткой логики в качестве метода управления сложными системами** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 6 (59). – Дніпропетровськ, 2008. – С. 134–142.

Управление сложными системами является одним из ключевых вопросов динамично развивающегося информационного общества. Промышленность, военная индустрия, сфера экономики и финансов – каждая из этих областей в той или иной степени используют системы, построенные на основе работы с данными. Одной из актуальных проблем является формализация и обработка такого рода неопределенной информации. В данной статье рассмотрены рекомендуемые ситуации использования нечеткого управления, а также приведен краткий обзор принципов использования нечеткой логики в качестве метода управления сложными системами.

Библ. 12.

УДК 681.518

Прокопенко К. И., Прокопенко А. И. **Современные веб-системы и проблемы быстрогодействия клиентских приложений** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 6 (59). – Дніпропетровськ, 2008. – С. 143–148.

Повышение производительности и возможностей веб-клиентов является ключевым вопросов при разработке современных веб-систем. На текущем рынке веб-продуктов все большим спросом пользуются возможности интерактивной работы с пользователем, а также богатые возможности по проигрыванию видео, аудио, возможности по отображению потокового видео, а также богатый набор инструментов для работы на стороне клиента. В данной статье рассмотрены ситуации применения принципов повышения реактивности веб-систем, а также приведен краткий обзор инструментов, повышающих интерактивность и производительность клиентской части веб-системы.

Библ. 5, илл. 2.

УДК 338:519

Рогальский Ф. Б. **Модели поведения индивидуума в социотехнической системе** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 6 (59). – Дніпропетровськ, 2008. – С. 149–160.

В работе предложено шаблонно-стереотипное представление структур систем и процессов, рассмотренные классы шаблонов. Показано, что данный подход позволяет эффективно разрабатывать сложные структуры иерархических систем. Проведено исследование шаблонно-стереотипного представления структур систем и

информационных процессов для моделирования поведения индивидуума в социотехнической системе. Продемонстрировано, как предложенные в работе шаблонно-стереотипное представление систем и процессов позволяет создавать модели социальных подсистем различных социотехнических систем.

Библ. 11, илл. 7.

УДК 519.8

Степанкова Г. А., Баклан І. В. **Обучение скрытых марковских моделей** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 6 (59). – Дніпропетровськ, 2008. – С. 161–167.

Сделан обзор существующих подходов к обучению скрытых марковских моделей.

Библ. 11.

УДК 519-283

Таран В. М. **Обучение сети Байеса при мониторинге и прогнозировании оползневых процессов Южного берега Крыма** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 6 (59). – Дніпропетровськ, 2008. – С. 168–175.

В статье рассмотрено моделирование оползневых процессов Южного берега Крыма с помощью сети Байеса, а также управления противооползневыми мероприятиями с помощью вложенных средств. Выбран обобщающий показатель – объем расходов на устранение последствий экзогенных процессов. Проведено обучение сети, получены результаты моделирования.

Библ. 4, илл. 3.

УДК 631:574.4

Тезик К. А. **Алгоритм и модели для долгосрочного прогнозирования состояния агроэкосистемы** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 6 (59). – Дніпропетровськ, 2008. – С. 176–186.

В статье представлены алгоритм и модели, предназначенные для прогнозирования урожайности и рентабельности производства сельскохозяйственных культур. Приведены результаты прогнозов состояния агроэкосистемы при соотношениях вносимых минеральных и органических удобрений, обеспечивающих сохранение плодородия почвы.

Библ. 5, илл. 1.

УДК 004.032.26:004.8

Четырбок П.В. **Алгоритм сжатия информации с использованием скалярного критерия распознавания образов** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 6 (59). – Дніпропетровськ, 2008. – С. 187–193.

Построено изоморфное отображение множества образов на множество вещественных чисел из интервала $[0,1]$, которое позволяет связать классификацию образов с поведением скалярного критерия в пространстве ошибок. Задавая определенные интервалы для значений скалярного критерия, можем группировать образы, распознавать, сравнивать и анализировать их. В работе построенный алгоритм сжатия информации с использованием скалярного критерия.

Библ. 6.

UDK 577.359

Chizhenkova R. A. **Mathematical analysis of bibliometrical indices of neurophysiological investigations of action of electromagnetic fields (Medline-Internet)** // System technologies. – №6 (59). – Dnepropetrovsk, 2008. – P. 3–9.

Bibliometrical data on investigations carried out in different neurophysiological objects (the brain, the cortex, neurons, nerves) with application of electromagnetic fields are presented. Quantitative characteristics of publications of choose subdivisions during 35-year time interval (1966-2000) are considered. Dynamics of number of papers of these trends is analyzed. Conclusion about prospects of investigations of action of electromagnetic fields in neurophysiological objects is done.

Ref. 9, tabl. 7.

UDC 681.511.42.037.5(045)

Tunik A., Touat M. A. **Combination of fuzzy and "crisp" principles in modern mutivariable robust flight control**// System technologies. – №6 (59). – Dnepropetrovsk, 2008. – P. 10–26.

This paper is devoted to the combination of soft and crisp control in modern robust multivariable flight control. The control law is divided into two levels. The first level consists of the inner control loop based on the H_2/H_∞ -robust optimization. The second stage is the outer loop controller based on fuzzy inference system. The fuzzy controller used in this paper has the ability of adjusting its rule base and is inspired from conventional crisp adaptive control.

Ref. 16, ill. 3.

UDK 004.942

Vyshemirskaya S. V. **The analysis organoleptical and physical-chemical parameters of a product with the help of the bajesovsky networks** // System technologies. – №6 (59). – Dnepropetrovsk, 2008. – P. 27–35.

The part of technological process of manufacture of dry mixes for a children's feed is analysed. The quality surveillance of a final product is considered depending on parameters of quality of components of a mix. The intellectual system of the analysis organoleptical and physical-chemical parameters by means of the bajesovsky networks is offered. This system is intended for improvement and optimization of work of the enterprise.

Bibl. 11, ill. 4.

UDC 669.01:530.1:539.4

Vodolazskiy Y., Mikhalyov A., Likhousova T. **The method of maximums modules wavelet transformation in tasks of analysis of surfaces materials** // System technologies. – №6 (59). – Dnepropetrovsk, 2008. – P. 36–42.

In the work shows the possibility application of wavelet transform modulus maxima to analyze metallographic materials.

Bibl. 10, ill. 2

UDK 681.513+519.71+534.2

Volkov V.E., Zhukovskiy E.I. **Decision-making concerning explosion safety in conditions of uncertainty** // System technologies. – №6 (59). – Dnepropetrovsk, 2008. – P. 43–48.

Problems of the fire-safety absence estimating are considered by means of synthesis of two decision-making models – classical model (on the base of strict mathematical theory of combustion and explosion) and the model of decision-making under uncertainty (based on the fuzzy logic). Obtained estimates make it possible to take decisions in the form of recommendations for prevention and suppression of explosions.

Bibl. 7.

UDK 681.5

Voronenko M. A. **System of support of decision-making on management of sanitary-and-epidemiologic conditions of region** // System technologies. – №6 (59). – Dnepropetrovsk, 2008. – P. 49–54.

In work the structure developed by authors system of support of decision-making for optimisation of work the person the making decision in the conditions of occurrence of extreme situations of sanitary-and-epidemiologic character is described. Iterative character, thus initial data has process of a finding of administrative decisions can be specified or change and are analyzed repeatedly. Depending on varying data by means of a subsystem «Software» the user can see a real picture of changes in time and expected result.

The system is expanded, scaled, platform- independent and intended for work in local and global computer networks.

Bibl. 4, ill. 4.

UDK 621.396

Gnatjuk V.I., Bardachev J.M., Didyk A.A. **Application of a principle of coincidence of regular pulse sequences in a location and navigation** // System technologies. – №6 (59). – Dnepropetrovsk, 2008. – P. 55–65.

The mathematical model of digital transformation of a phase which is based on a principle of coincidence of regular pulse sequences is developed. The received model is used for the description of methods of transformation of co-ordinates of objects on a plane for the subsequent synthesis of devices a quantization error. The developed method has allowed to lower an error of quantization to size of duration of impulses in conterminous sequences.

Bibl. 13, ill. 4.

UDK 519.6

Gozyi A. P. **Nonparametrics estimation of expert information in the tasks of scenario analysis** // System technologies. – №6 (59). – Dnepropetrovsk, 2008. – P. 66–71.

The features of application of methods of non-parametric statistics are considered for the estimation of expert information in the tasks of scenario analysis. Classification of non-parametric tasks is resulted. The non-parametric methods of verification of hypotheses are considered in detail. A programmatic complex is presented for a non-parametric evaluation

Bibl. 6.

UDC 681.5.015.44:621.396.96

Grishin I. Yu. **Features of account of the correlated errors of measurings during recurrent filtration** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 6 (59). – Дніпропетровськ, 2008. – С. 72–79.

Synthesis of the recurrent filter, permitting to take into account existing on its input slowly varying measurement errors, is carried out. The simulation results of the synthesized filter are presented. The expediency of application of the filter is shown at a nonlinear correlation function of slowly varying errors of radar measurement.

Bibl. 8, ill. 2.

UDK 530.1

Derevjanko A.I., Siao Zefan **Model of fractal nanoplenok** // System technologies. – №6 (59). – Dnepropetrovsk, 2008. – P. 80–84.

The program of modelling of process of formation cluster, by means of the level account dissociation cluster formations is modified. The offered updating has allowed to make reversi-

ble formation process cluster. Experimental researches have shown, that generated sequences clusters have visually various form, however their values fractal dimensions coincide.

Бібл. 4, іл. 2.

UDK 681.62:655

Dronjuk I.M., Nazarkevich M. A. **Spatial modelling Ateb-functions** // System technologies. – №6 (59). – Dnepropetrovsk, 2008. – P. 85–92.

Application of theory **Ateb-functions** to modelling of nonlinear processes is considered. Algorithms and methods of calculations of the received analytical expressions of decisions of the corresponding differential equations, modeling behaviour of decisions depending on change of parametres are developed. The illustration of the developed methods is made for number calculation π . Results can be used in management problems difficult systems.

Bibl. 8, ill. 2.

UDK 658.012.011.56

Kargin A.A., Semenikhina E. A. **Application of fuzzy models in a problem of a feather trace identification** // System technologies. – №6 (59). – Dnepropetrovsk, 2008. – P. 93–100.

In the article the problem of authentication of processes is examined on the example of dynamic flourish. Possibility of the use of traditional fuzzy approaches is probed for the construction of such fuzzy description of trajectory of flourish, which the decision of task of authentication is possible on the basis of. The fuzzy model of dynamic flourish, taking into account the rejections of motion of feather in every control point, is presented. The method of estimation of likeness of flourish is offered with a standard on their fuzzy presentations. Offered and considered different modifications of fuzzy model of flourish, comparisons of flourish directed on facilitation with a standard. A computer experiment task of which to expose the useful effect of every modification during authentication of flourish is described.

Bibl. 4, ill. 7.

UDC 519.71

Lytvynenko V. I. **Application of the modified artificial immune networks for the decision of problems of hydroacoustic detection** // System technologies. – №6 (59). – Dnepropetrovsk, 2008. – P. 101–117.

In work the developed method of automatic recognition of hydroacoustic signals on the basis of the artificial immune networks developed by authors is described. Comparative experimental researches between various updatings of the immune networks are spent, the Received results shows high efficiency of application of artificial immune networks for the decision of the given class of problems.

Bibl. 19, ill. 6, tab. 2.

UDK 681.51

Mashkov O. A, Усаченко L.M. **Modelling of algorithm of management by the big nonlinear systems** // System technologies. – №6 (59). – Dnepropetrovsk, 2008. – P. 118–126.

In work the offered iterative algorithm for formation nonlinear operating influences for difficult dynamic systems. It is shown, that realisation of this algorithm will allow to simplify essentially computing procedures at the organisation синергетического managements of the big dynamic objects.

Bibl. 4.

UDK 004.89:004.4+16.31.21+20.23.19

Paramonov A. I. **"Clever postman" - the automated system of news lines gathering** // System technologies. – №6 (59). – Dnepropetrovsk, 2008. – P. 127–133.

The problem of dynamic data searching and delivering in the Internet nonuniform environment is considered. Main principles and problems of the automated systems of text information gathering are stated. The method of news lines intellectual filtration is offered and described. The software for the decision of tasks in view on the basis of the described method is offered. The automated system "Clever postman" structure and functionality is described.

Bibl. 3.

UDK 681.3.068

Polyarush O. N., Prokopenko K. I. **Application of fuzzy logic as a management method of complex systems** // System technologies. – №6 (59). – Dnepropetrovsk, 2008. – P. 134–142.

A management of complex systems is one of a key problem of a quickly growing IT industry. An industry, military industry, economics and finances – all these fields use systems that are based on a data processing. One of an issue of the day is formalization and working on such uncertain information. Recommended situations of using uncertain management as well as its using as a method to manage complex systems are represented at this article.

Bibl. 12.

UDK 681.518

Prokopenko K. I., Prokopenko A. I. **Modern web systems and problems of speed of client appendices** // System technologies. – №6 (59). – Dnepropetrovsk, 2008. – P. 143–148.

The increasing of the performance and abilities of web-clients is a key problem in modern web development. In the modern web-product market the ability of interactive cooperation with the user, huge abilities in playing video, audio, abilities in playing stream video and the presence of the big set of client tools becomes more and more popular. Different situations of the increasing of web-application reactivity and the short list of the most popular modern tools that allow increase interactivity and performance on web-clients are observed in this article.

Bibl. 5, ill. 2.

UDK 338:519

Rogalsky F. B. **Model of behaviour of an individual in socially technical systems** // System technologies. – №6 (59). – Dnepropetrovsk, 2008. – P. 149–160.

In work template -stereotypic representation of structures of systems and the processes, the considered classes of templates is offered. It is shown, that the given approach allows to develop difficult structures of hierarchical systems effectively. Research of template-stereotypic representation of structures of systems and information processes for modelling of behaviour of an individual in socially technical systems is carried out. It is shown, as offered in work template -stereotypic representation of systems and processes allows to create models of social subsystems various socially technical systems.

Bibl. 11, ill. 7.

UDK 519.8

Stepankova G.A., Baklan I.V. **Hidden Markov models training** // System technologies. – №6 (59). – Dnepropetrovsk, 2008. – P. 161–167.

Reviewed existing approaches to hidden Markov models training.

Bibl. 11.

UDK 519-283

Taran V. M. **Training of a bayesovsky network at monitoring and forecasting of sliding processes of a Southern coast of Crimea** // System technologies. – №6 (59). – Dnepropetrovsk, 2008. – P. 168–175.

In the article the modeling of landslide processes of the South coast of Crimea is considered by the Bayesian network, and also management against by landslide measures by the spent facilities. A summarizing index is volume of money facilities expended in the correction of consequences of exogenous processes is chosen. Teaching of network is conducted, modeling results are got.

Bibl. 4, ill. 3.

UDC 631:574.4

Tezik K. A. **Algorithm and models for a long-term forecasting condition of agronomical system** // System technologies. – №6 (59). – Dnepropetrovsk, 2008. – P. 176–186.

Algorithm and the models intended for forecasting of productivity and profitability of manufacture of agricultural crops are presented in the article. Results of forecasts of a condition of agronomical system are resulted paritiers the mineral and organic fertilizers providing preservation fertility in ground.

Bibl. 5, ill. 1.

UDK 004.032.26:004.8

Chetyrbok P.V. **Algorithm of compression of information with the use of scalar criterion of pattern recognition** // System technologies. – №6 (59). – Dnepropetrovsk, 2008. – P. 187–193.

The displaying is built of great number of appearances on the great number of material numbers from interval $[0,1]$, which allows to link classification of appearances with the conduct of scalar criterion in space of errors. Setting definite intervals for the values of scalar criterion, can group appearances, recognize, compare them. In work built algorithm of compression of information with the use of scalar criterion.

Bibl. 6.

АВТОРИ ВІПУСКУ

Tunik A. A. – Doct. of Sci.(Eng.), Professor of the Control Systems Department, National Aviation University

Touat M. A. – Post. Graduate student of the Control Systems Department, National Aviation University

Баклан Ігор Всеволодович – кандидат технічних наук, завідувач кафедри інтелектуальних систем, Національна Академія Управління

Бардачев Юрій Николаевич – доктор технічних наук, професор, ректор Херсонського національного технічного університета

Водолазкий Юрій Олександрович – асистент кафедри інформаційних технологій та систем Національної металургійної академії України

Волков Виктор Эдуардович – кандидат физико-математических наук, доцент, заведующий кафедрой компьютерных систем и управления бизнес-процессами, Одесская национальная академия пищевых технологий (ОНАПТ)

Вороненко Мария Александровна – асистент кафедри інформатики і комп'ютерних технологій Херсонського національного технічного університета

Вышемирская Светлана Викторовна – аспирант кафедри інформатики і комп'ютерних технологій Херсонського національного технічного університета

Гнатюк Владислав Иосифович – кандидат технических наук, доцент кафедры информационных технологий Херсонского национального технического университета

Гожий Александр Петрович – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой Информационных технологий и программных систем, декан факультета компьютерных наук Черноморского государственного университета им. П.Могила

Гришин Игорь Юрьевич – доцент кафедры математики и информатики, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, Крымский государственный гуманитарный университет

Деревянко Олександр Іванович – кандидат технічних наук, доцент кафедри інформаційних технологій та систем Національної металургійної академії України

Дидык Алексей Александрович – кандидат технических наук, доцент кафедры информационных технологий Херсонского национального технического университета

Дронюк Іванна Мирославна – кандидат технічних наук, доцент кафедри АСУ національного університету “Львівська політехніка”

Жуковский Эдуард Иосифович – доктор техн. наук профессор заведующий кафедрой автоматизации производственных процессов, Одесская национальная академия пищевых технологий (ОНАПТ)

Каргин Анатолий Алексеевич – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри комп'ютерних технологій Фізичного факультету ДонНУ

Литвиненко Владимир Иванович – кандидат технических наук, доцент кафедры технической кибернетики Херсонского национального технического университета

Лихоузова Тетяна Анатоліївна – кандидат технічних наук, асистентка кафедри технічної кібернетики НТУУ-КПІ.

Машков Олег Альбертович – доктор технічних наук, професор, начальник відділу природничих наук, Вищої атестаційної комісії України

Михальов Олександр Ілліч – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри інформаційних технологій та систем Національної металургійної академії України

Назаркевич Марія Андріївна – кандидат технічних наук, доцент кафедри АСУ національного університету “Львівська політехніка”

Парамонов Антон Иванович – старший преподаватель кафедры Компьютерных Технологий физического факультета Донецкого национального университета

Поляруш Оксана Миколаївна – аспірант кафедри штучного інтелекту Харківського національного університету радіоелектроніки

Прокопенко Антон Игоревич – магістр кафедри штучного інтелекту Харківського національного університету радіоелектроніки

Прокопенко Кирилл Игоревич – магістр кафедри штучного інтелекту Харківського національного університету радіоелектроніки

Рогальский Франц Борисович – кандидат технических наук, профессор, заведующий кафедрой информатики и компьютерных технологий Херсонского национального технического университета

Семенихина Елена Александровна – ассистент кафедры КТ, физический факультет ДонНУ

Степанкова Ганна Анатоліївна – старший викладач кафедри інтелектуальних систем Національної Академії Управління

Сяо Цзефан – аспірант кафедри інформаційних технологій та систем Національної металургійної академії України

Таран Вікторія Миколаївна – аспірант Європейського університету кафедри системного аналізу, Ялтинська філія ЄУ старший викладач кафедри інформатики та математичних дисциплін

Тезик Константин Анатольевич – кандидат технических наук, доцент кафедры информационных систем Курского института социального образования (филиал Российского государственного социального университета)

Усаченко Лариса Михайлівна – секретаріат президента України

Четырбок Петр Васильевич – старший преподаватель кафедры математики и информатики, Ялтинский филиал Европейского университета

Чиженкова Рогнеда Александровна – доктор медицинских наук, ведущий научный сотрудник, Институт биофизики клетки РАН

Редакційна рада

Величко Олександр Григорович
професор, доктор технічних наук,
ректор
(головний редактор)

Гасик Михайло Іванович
академік НАН України

Дейнеко Леонід Миколайович
професор, доктор технічних наук

Дідик Ростислав Петрович
професор, доктор технічних наук

Дронь Микола Михайлович
професор, доктор технічних наук

Іващенко Валерій Петрович
професор, доктор технічних наук

Коробочка Олександр Миколайович
професор, доктор технічних наук
(вчений секретар)

Малайчук Валентин Павлович
професор, доктор технічних наук

Михальов Олександр Ілліч
професор, доктор технічних наук
(зам. головного редактора)

Павлюченко Ігор Олександрович
професор, доктор технічних наук

Пройдак Юрій Сергійович
професор, доктор технічних наук

Стеблянко Павло Олексійович
професор, доктор фізико-
математичних наук

Хричіков Валерій Євгенович
професор, доктор технічних наук

Шатоха Володимир Іванович
професор, доктор технічних наук

Національна металургійна академія
України

Національна металургійна академія
України

Національна металургійна академія
України

Національний гірничий університет

Дніпропетровський національний
університет

Національна металургійна академія
України

Дніпродзержинський державний те-
хнічний університет

Дніпропетровський національний
університет

Національна металургійна академія
України

Дніпродзержинський державний те-
хнічний університет

Національна металургійна академія
України

Дніпродзержинський державний те-
хнічний університет

Національна металургійна академія
України

Національна металургійна академія
України

Системні технології
ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ
Випуск 6(59)

Головний редактор, професор,
доктор технічних наук, ректор, Величко О.Г.

Комп'ютерна верстка та коректура В.М. Дьяконов

Підписано до друку 18.11.2008
Формат 60×84 1/16. Друк – різнограф. Папір типогр.
Умов. друк. арк. 15,38. Обл.-видавн. 10,88. Тираж 300 прим.
Замовлення №24/07

ДНПВ „Системні технології”
49635, Дніпропетровськ, пр. Гагаріна, 4 кімн. 503
Е-mail: st@dmegi.dp.ua
Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації
Серія КВ №8684