

Міністерство освіти і науки України

Системні технології

6 (65) 2009

Регіональний межвузівський 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 (65). - Дніпропетровськ, 2009.
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 забез-
печення інтелек-
туальних систем

Збірник друкується за рішенням Вченої Ради
Національної металургійної академії України
від 30.06.2009 р., №6

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”, 2009

**MATHEMATICAL ANALYSIS OF BIBLIOMETRICAL
INDICES OF NEUROPHYSIOLOGICAL INVESTIGATIONS
OF MICROWAVE RADIATION
(MEDLINE-INTERNET)**

Summary. Bibliometrical data on investigations carried out in different neurophysiological objects (the brain, the cortex, neurons, nerves) with application of microwaves are presented. Quantitative characteristics of publications of choose subdivisions during 35-year time interval (1966-2000) is considered. Dynamics of number of papers of these trends is analyzed. Conclusion about prospects of investigations of effects of non-ionizing radiation in neurophysiological objects is done.

Keywords. Neurophysiological, bibliometrical, microwave radiation.

Introduction

It is known, that biological effects of non-ionizing radiation of different kinds interested humanity for many centuries [9]. Towards middle of the seventies years of XXth century probably more 3 thousand publications on biological effects of electromagnetic fields and about 2 thousand publications on biological effects of magnetic fields were accumulated [9]. 20 years later the number of publications concerned action of non-ionizing radiation of different kinds is believed to reach 10 thousand [2, 10].

Undoubtedly the nervous system is of great significance in reactions of organism to non-ionizing radiation [1, 2]. Nevertheless bibliometrical investigation of published material on neurophysiological aspects of action of such physical factors was not carried out up to now. Therefore we began bibliometrical analysis on this problem.

Quantitative characteristics of publications of above-mentioned trend were examined in our recent works. Information accumulated in world on neurophysiological effects of non-ionizing radiation during 35-year period in the later half of the XX-th century (1966-2000) was considered. The state of investigations of this trend was analyzed on the base of the database "Medline" accessible through Internet. Preliminary information on general results was presented partly in our another pa-

pers [4, 8]. Quantitative characteristics of publications on neurophysiological effects of electromagnetic fields were considered in our previous paper [5].

The present work is devoted to examination of quantitative characteristics of publications on neurophysiological effects of microwave radiation. Bibliometrical data were obtained according to chosen key words and concerned investigations performed in different neurophysiological objects (the brain, the cortex, neurons, nerves) with application of microwaves.

Materials and methods

Quantitative characteristics of publications on neurophysiological effects of microwave radiation in world during 35-year period in the later half of the XX-th century (1966-2000) were 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 determined on the base of corresponding key words. Bibliometrical data were obtained for works performed with application of microwave radiation in different neurophysiological objects (the brain, the cortex, neurons, nerves).

At statistical analysis of the material the comparisons of sampling fractions of received data from their sum, from the total number of works with application of microwave radiation, and from the total number of works carried out in corresponding neurophysiological objects are used. For calculations of statistical significance of distinctions between indicated data *t*-criterion for selective portions of variants was applied.

Results

It was found that the number of published works carried out in different neurophysiological objects reached 1401300 in 35-year period. The numbers of investigations performed in the brain, the cortex, neurons, nerves were 705259, 180602, 237160 and 278279 correspondingly. The total number of works with application of microwave radiation was 6920. Materials concerned investigations in different neurophysiological objects under action of microwave radiation were considered for every year during 35-year period.

General characteristics of received totalities are presented in table 1. Sampling fractions of received data from their sum, from the total number of works with application of microwaves 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 performed in different neurophysiological objects and dynamics of the considered sampling fractions are demonstrated in tables 4-7.

Table 1

General data on the number of published works carried out in different neurophysiological objects with application of microwave radiation 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	899	234.22	25.69	2.59
2	225	22.66	6.43	0.81
3	165	17.09	4.71	0.70
4	146	11.26	4.17	0.58
5	1435	640.53	41.00	4.28

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

Table 1 shows that investigations made on the whole brain with employment of microwave radiation predominate. This phenomenon is the result of increased interest of specialists of applied sciences to investigation of effects of physical factors in the whole brain [4, 8].

Table 2 demonstrates that sampling fraction from total data in corresponding neurophysiological objects with microwaves (1435) prevails in works carried out in the whole brain. Such result takes place at calculation of sampling fractions from total number of works with microwaves radiation (6920). These facts conforms to above-mentioned supposition.

Moreover similar effect is at the total number of all works of different kinds performed in neurophysiological objects (in the brain - 705259, the cortex - 180602, neurons - 237160, nerves - 278279). Marked increased sampling fraction from all works in neurophysiological objects was observed in investigations on the cortex too. However it is necessary to note, that relatively small part of the number of investi-

gation on the cortex in general totality of neurophysiological works, which can reflect in obtained information.

Table 2

Sampling fractions of received data from their sum, from the total number of works with application of microwave radiation 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 microwaves (%)	Sampling fraction from total data in these objects (%)
1	62.65	12.99	0.13
2	15.68	3.25	0.14
3	11.50	2.38	0.07
4	10.17	2.11	0.05
5	100.00	20.74	0.10

Application: as in table 1.

Table 3

Comparison of sampling fractions of received data from their sum, from the total number of works with application of microwave radiation 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 microwaves (U)	Comparison of sampling fractions from total data in these objects (U)
1 - 2	<u>27.13</u>	<u>22.06</u>	1.14
1 - 3	<u>30.40</u>	<u>25.18</u>	<u>8.00</u>
1 - 4	<u>31.53</u>	<u>26.35</u>	<u>12.06</u>
2 - 3	<u>3.27</u>	<u>3.12</u>	<u>7.04</u>
2 - 4	<u>4.39</u>	<u>4.29</u>	<u>9.93</u>
3 - 4	1.13	1.18	<u>2.86</u>

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.

Results performed in table 3 prove that distinctions between different sampling fractions are statically significant. Really works carried out in the whole brain predominate as sampling fraction from total data in corresponding neurophysiological objects with microwave radiation.

Table 4

Dynamics of the number of published works carried out in different neurophysiological objects with application of microwave radiation 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	13	60	149	165	178	174	160
2	0	16	36	44	41	52	36
3	0	9	12	27	31	47	39
4	3	12	16	14	32	40	29
5	16	97	213	250	282	313	264

Application: as in table 1.

Table 5

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

Objects	Indices for different five-year periods						
	1966-70	1971-75	1976-80	1981-85	1986-90	1991-95	1996-2000
1	81.25	61.86	69.95	68.52	60.96	55.59	60.61
2	0	16.49	16.90	16.30	14.09	16.61	13.64
3	0	9.28	5.63	10.00	14.09	15.02	14.77
4	18.75	12.37	7.51	5.19	10.96	12.78	10.98
5	100	100	100	100	100	100	100

Application: as in table 1.

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 microwave radiation

Objects	Indices for different five-years periods						
	1966-70	1971-75	1976-80	1981-85	1986-90	1991-95	1996-2000
1	5.58	12.79	18.29	17.56	14.88	10.85	10.32
2	0	3.41	4.42	4.18	3.43	3.24	2.32
3	0	1.92	1.47	2.56	3.43	2.93	2.51
4	1.29	2.56	1.96	1.33	2.68	2.5	1.87
5	6.87	20.68	26.14	25.63	24.42	19.52	17.02

Application: as in table 1.

Table 7

Dynamics of the sampling fractions (%) of published neurophysiological works with application of microwaves 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	0.03	0.09	0.19	0.17	0.15	0.12	0.10
2	0	0.09	0.17	0.18	0.14	0.15	0.09
3	0	0.07	0.06	0.09	0.07	0.08	0.06
4	0.02	0.06	0.05	0.04	0.07	0.07	0.05
5	0.02	0.08	0.14	0.13	0.12	0.11	0.08

Application: as in table 1.

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

The increase of the numbers of published works carried out in different neurophysiological objects with application microwaves developed during 35-year period (table 4). But this increase was non-linear. The greatest values took place in periods 1981-1985, 1986-1990, and 1991-1995.

Dynamics of the sampling fractions (%) of published works carried out in different neurophysiological objects during 35-year period from their total number has complex and had non-linear character (table 5).

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 microwaves displayed non-linear fluctuations too (table 6). The greatest values for works in the whole brain were in year periods 1976-1980, 1981-1985, and 1986-1990.

It is interesting that the sampling fractions of the works on neuronal level showed steady essential increase in both situations (tables 5 and 6).

Dynamics of all sampling fractions (%) of published neurophysiological works with application of microwave radiation during 35-year period from the total number of works carried out in corresponding neurophysiological objects had non-linear increase (table 7). The greatest values of works carried out in the whole brain and the cortex were in year periods 1976-1980, 1981-1985, 1986-1990, and 1991-1995.

Conclusion

The results of the present bibliometrical investigations makes it possible to analyse quantitative characteristics of published works performed with application of microwave radiation in different neurophysiological objects during 35-year period of later half of XX-th century. The whole brain, the cortex, neurons and nerves were selected for examination on this trend. The total number of publications was considered for every year during period 1966-2000. Dynamics of the number of published works carried out in different neurophysiological objects and dynamics of the corresponding sampling fractions were studied.

It was established, that predominance of investigations of effects of microwaves on the whole brain existed. Such investigations are suitable for specialists of applied sciences. Works on neuronal level have the slight number. The reason of this fact is their methodical complexities.

It was found that significant increase of the number investigations with application of microwaves during 35-year period and moreover the sampling fractions (%) of published neurophysiological works from the total number of works performed with this factor and those carried out in corresponding neurophysiological objects existed.

Obtained information on published works with microwaves is differ from information on works with electromagnetic fields considered in our previous paper [5]. First, the number of publications on microwave radiation was less than the number of publications on electromagnetic fields of another kinds. Secondly, dynamics of quantitative characteristics of publications of above-mentioned trends is different. The number of works on other electromagnetic fields had steady increase during 35-year period [5]. The number of works on microwaves had the greatest values in middle of analysed time period, which is conditioned by their extensive employment in this part of period [9].

Fundamental investigations of neurophysiological effects of non-ionizing radiation are played no enough attention to. However, in the future they will hold a leading position in solution of the problem of biological action of these factors [1, 3, 6, 7].

REFERENCES

1. Chizhenkova R.A. Slow potentials and spike unit activity of the cerebral cortex of rabbits exposed to microwaves. *Bioelectromagnetobiology*. 1988, v. 9, No. 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, No. 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 No. 1, pp. 163-172.
5. Chizhenkova R.A. Mathematical analysis of bibliometrical indices of neurophysiological investigations of action of electromagnetic fields (Medline-Internet). In: *Intellectual systems for decision making and problems of computational intelligence. (ISDMCI'2008)*. Evpatoria, 2008, v. 2, pp. 107-109.
6. Chizhenkova R.A., Safroshkina A.A. Effect of low-intensity microwaves on the behavior of cortical neurons. *Bioelectrochemistry and Bioenergetics*, 1993, v. 30, No. 1, pp. 287-391.

7. Chizhenkova R.A., Safroshkina A.A. Electrical reactions of the brain to microwave irradiation. *Electro- and Magnetobiology*, 1996, v. 15, No. 3, pp. 253-258.
8. 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, No. 5, pp. 472-479.
9. Kholodov Yu.A. Reactions of nervous system on electromagnetic fields. Moscow: Nauka, 1975. 207 p.
10. Merkulova L.M., Kholodov Yu.A. Reactions of excitable tissues of organism on pulsed magnetic fields. Cheboksary: Universitet, 1996. 174 p.

IDENTIFICATION OF HANDWRITTEN MARKS AND DIGITS OF FONTS

Summary. The main types of fonts using in up to date of operating system are considered. The knowledge in theory of pattern recognition are used. The problem of identification of figures of font by means of electric eye is noted. The conception of density of inking shape is determined. The method of identification of figures by given of density of inking shape is proposed. A priori data for different fonts and its size is briefly described. The recommendations of use fonts for identification of electric eye are given.

Keywords. pattern recognition, font identification, electric eye.

Introducing.

The modern operating systems (OS) can work with following fonts: raster and vectorial, scalable and built in the output device (printers). The raster fonts contain bit images of the definite sizes. If there is an inquired size there is its scaling, and at a large font size the contour of a character receives a serrate view. The vector fonts store the map in a vectorial view, that at scaling gives excellent outcome. They will be used basically on plotters. The scalable TrueType fonts have received the greatest distribution in different operating systems, being by the best compromise between raster and vector fonts. At a level of means of rendition of operating system the scaling of these fonts is stipulated at which one quality practically is not degraded [1].

The theory of pattern recognition includes set of the approaches and algorithms for the solution of a problem of identification. The analysis of density falls into to algorithms of identification. The activity is prepared for implementation of identification of the reports and questionnaire on referendum.

Formulation.

The problem has arisen, at a building of a system of the automated workstation of the member of electoral commission, for the answer to a problem on a capability of identification of digits of a font and handwritten mark by means of photo cells and obtaining of outcome of identification with the greatest veracity.

Purpose of activity.

To define conditions, at which one it is possible to recognize digits and handwritten checkmarks with the help of the optical converter.

Base material.

Modern operating systems will use TrueType fonts thus more often most widespread are: Times New Roman, Arial, Courier New, as awakely used at clerical work On this cause we shall consider scaling of TrueType fonts. The altitude of digit in points depends on resolution of the output device and font size and sets as follows:

$$Height = -Size \cdot PxlPerInc / 72 \quad (1)$$

Height - altitude of a character in points;

Size - font size in points pt;

PixelsPerInch - resolution dpi (dot per inch- of points in inches).

The glow discretization of area identification of digit gives a main specification d , we shall call as its *density of plotting contour (DPC)*:

$$d = \frac{S_u}{S_n + S_o - S_u} \quad (2)$$

where S_{Π} - area of the basic contour of digit;

S_{Π} - area of a minimum orthogonal in which one will be placed digit of a number 0-9;

S_o - area around of digit;

The change of value of a font changes the size on (1) discretely and, therefore, even under ideal conditions of plotting parameter d will have some fluctuations on parameter of the size *size*.

Distribution DPC for a font Times New Roman 10pt, 600 dpi (Fig. 1), obtained by a programming way, demonstrates their manifestative distribution. Analyzing a volume range indispensable for difference most of composite segment, receive:

$$n = \log_2 \left| \frac{d_{max} - d_{min}}{d_1 - d_2} \right| \quad (3)$$

where n - digit capacity of a volume range in bits;

d_{max} u d_{min} - absolute maximum and minimum density;

d_1 u d_2 - nearest two adjacent points.

For the above mentioned case is received $n = 5$. Because of a discretization of key points of a font and therefore illconditioned plotting the given situation does not repeat for the adjacent sizes of fonts. For most often of used size 9pt we shall receive $n=8$, and for 11pt $n=7$.

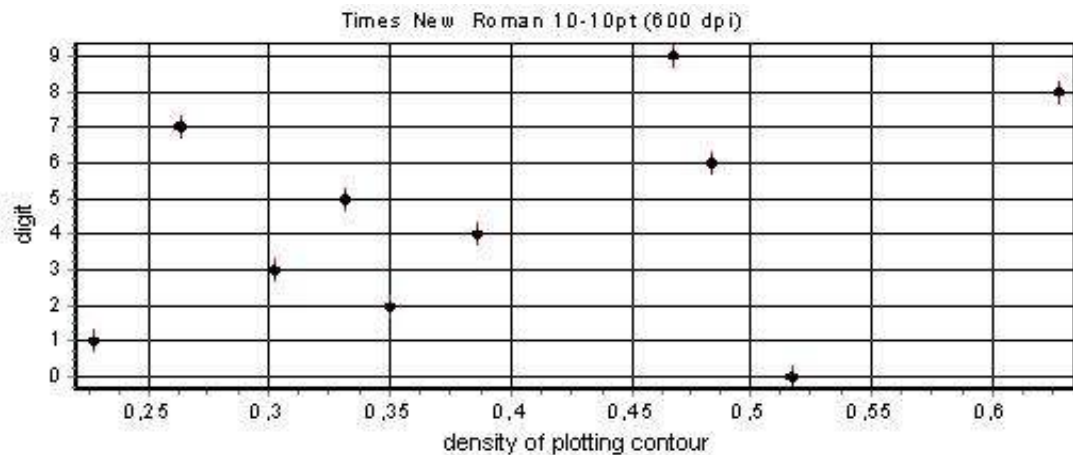


Figure 1 – Distribution DPC for a font Times New Roman 10pt (600 dpi)

Analyzing a segment with 9 up to 11pt (Fig. 2) can be noted, that at scaling of digits in DPC the fluctuations are watched. Augmenting a segment of the analysis up to 8-14pt (Fig. 4) there would be digits bigger of the size, which one, because of reduction error of plotting, have practically identical DPC and will derivate oil clotss of heightened density (for example, area of digit 1).

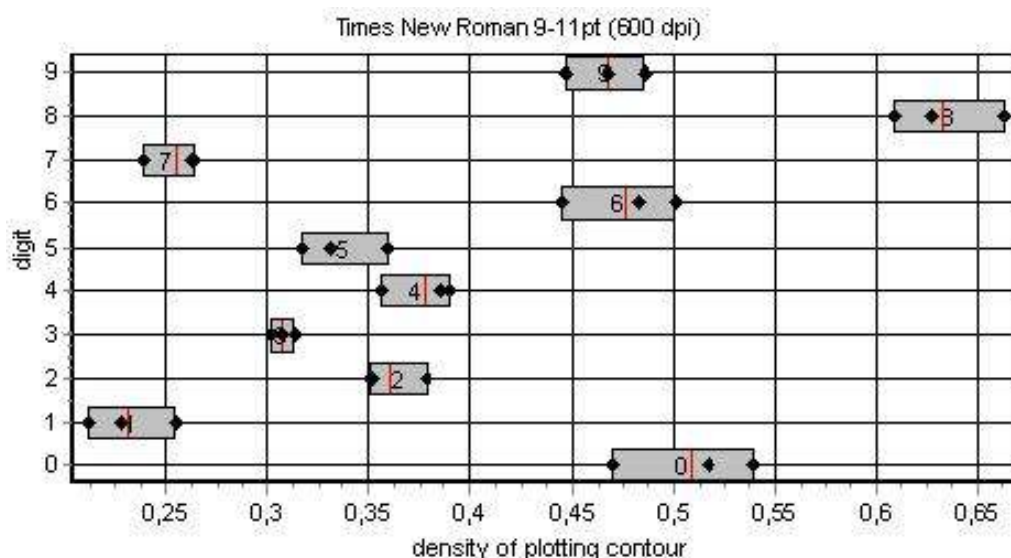


Figure 2 – Distribution DPC for a font Times New Roman 9-11pt (600 dpi)

Is apparent, that the unique definition of digits from range of the sizes 9-11pt on parsed density is impossible in connection with multiple

imposing of different digits. But from a Fig. 2 unique determinate digits 3 and 8, group of digits 9-6-0, 5-4-2 and 7-1.

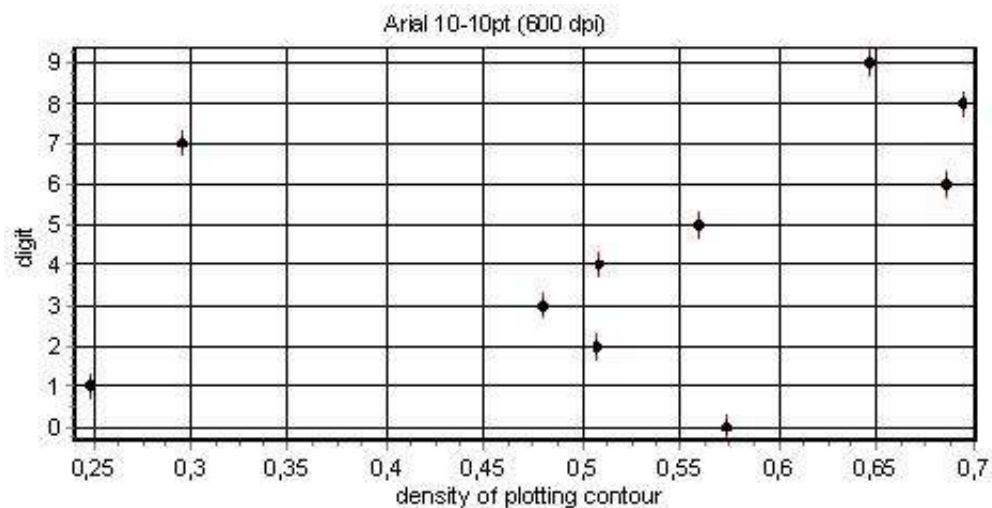


Figure 3 – Distribution DPC for a font Arial 10pt (600 dpi)

The analysis of distribution for a font Arial by the size 10pt (the Fig. 3) demonstrates a composite situation with identification of digits 2 and 4, that uprates a volume range $n=10$. Similarly for most often of used size 9pt we shall receive $n=9$, and for 11pt $n=8$. The obtained non-linear dependences for fonts Times New Roman and Arial are connected with clout of a discretization of coordinates(co-ordinates) at plotting characters and as a consequent of a large dispersion of value DPC.

We shall put distribution DPC most often of used fonts Times New Roman (Fig. 4), Arial (Fig. 5) and Courier New (Fig. 6) for mesh sizes from 8 up to 14 at 600 dpi.

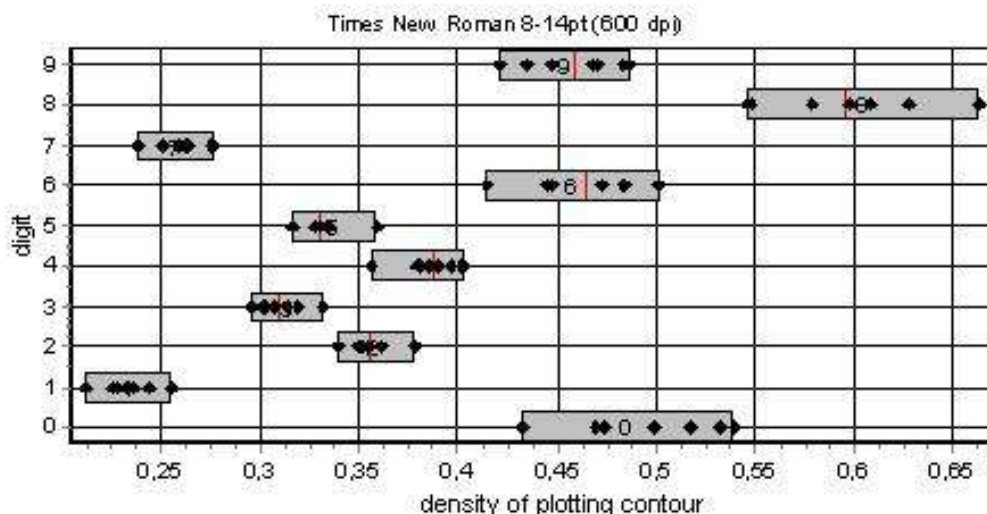


Figure 4 – Distribution DPC for a font Times New Roman 8-14pt (600 dpi)

For the propagate sizes of printing 8-14pt is received following groups 3-5-4-2, 9-6-0, 7-1 and only one unique area of digit 8.

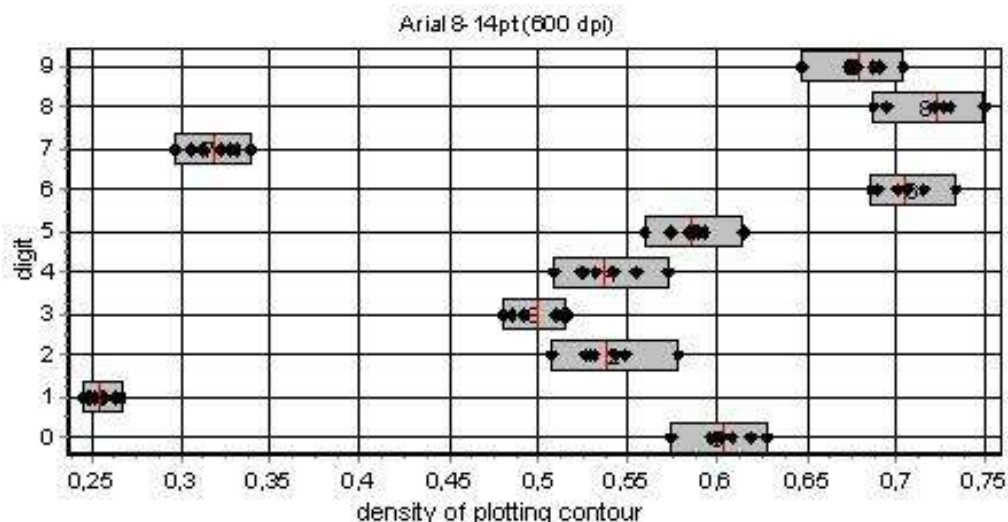


Figure 5 – Distribution DPC for a font Arial 8-14pt (600 dpi)

For a font Arial the similar distribution is obtained, except that now it is possible to define two digits 1 and 7, which one is far from groups 3-2-4-5-0 and 9-8-6.

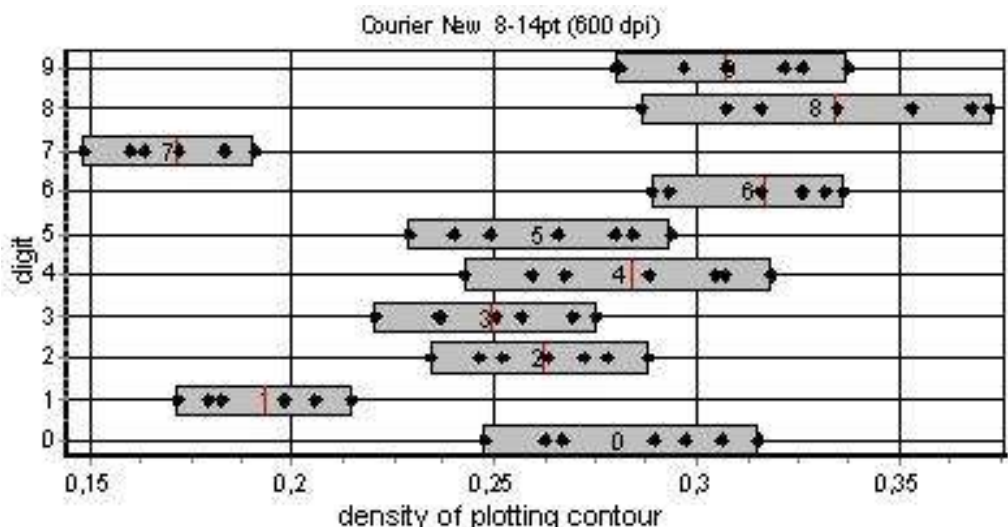


Figure 6 – Distribution DPC for a font Courier New 8-14pt (600 dpi)

The distribution of a font Courier New show on a Fig. 6 as against Times New Roman and Arial demonstrates multiple imposing DPC of digits. In this case it is impossible uniquely to determine digit on it density, there are two areas of overlap 7-1 and 9-8-6-5-4-2-0.

Is interquartile, that for the analysis of the written character, the person recognizes set of yardsticks not only shape and edges, bending

and corners, and depth of a character and its DPC. If in last the imposing or close on density characters are watched, accordingly there can be a doubt in a regularity of identification. The distribution DPC on all area, as in font Times New Roman, will put to more unique identification of a character.

In a Fig. 7 the relation of overlap of areas DPC most often of used fonts is submitted: Arial, Courier New and Times New Roman for the large sizes from 150 up to 250pt (600 pdi).

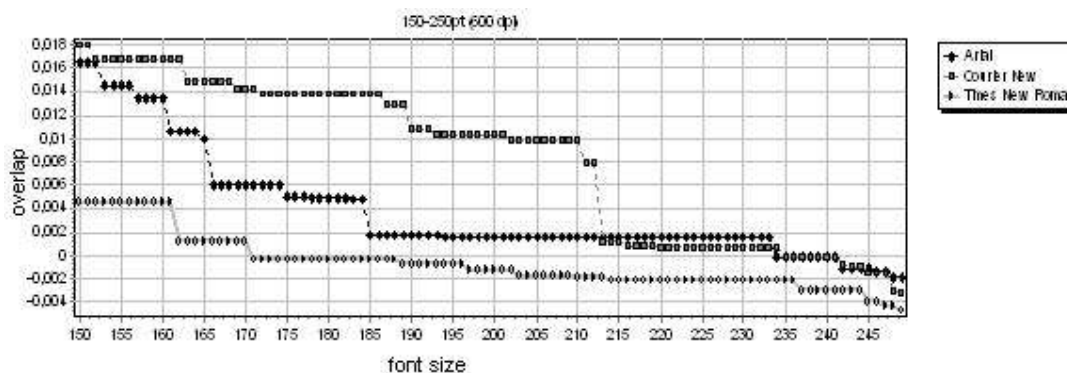


Figure 7 – Relation of overlap DPC from a font and its size.

The positive value of overlap of areas DPC will be derivate because of imposing of areas DPC of separate digits, negative testifies to existence of spacing interval between the nearest areas. The discontinuities of overlaps conditioned by chaotic nature of fluctuations DPC and indicate occurrence / petering of the next value, which one derivated limit of area; stable states on occurrence / petering of value located inside area.

The analysis is made disregarding errors - availability of discard of printing, interferences, color heterogeneity of a paper etc. At the same size notes on the paper carrier the defect results in ascending error, owing to increase of percent of the area of an introduced defect as contrasted to by general area of a font size.

The reviewed analysis has demonstrated: that there is a limit of a font size after which one overlap of density of plotting of digits does not descend. For Arial is received 234, Courier New - 235 and Times New Roman - 171. In figures 8, 9 and 10 the distributions DPC for the large sizes of fonts are figured, at which one there is no overlap.

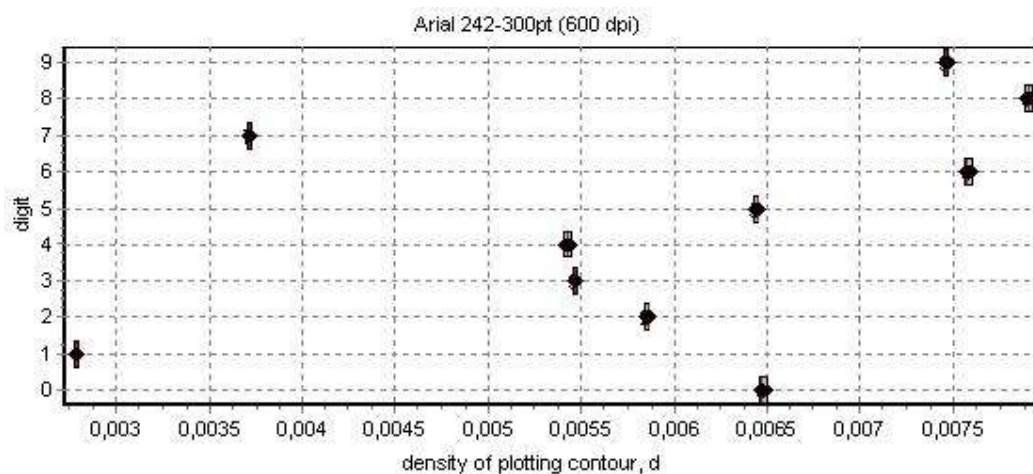


Figure 8 – Distribution DPC for a font Arial 242-300pt (600 dpi)

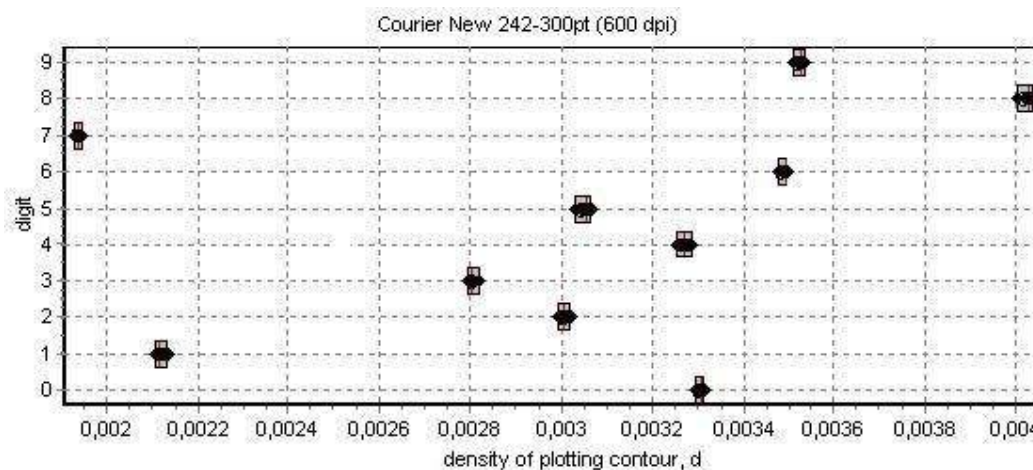


Figure 9 – Distribution DPC for a font Courier New 242-300pt (600 dpi)

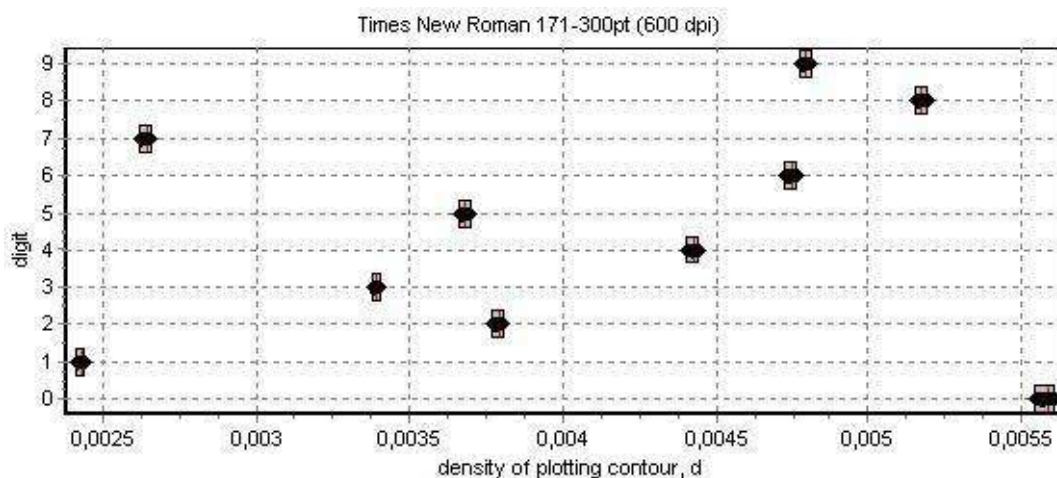


Figure 10 – Distribution DPC for a font Times New Roman 171-300pt (600 dpi)

In figure 11 the distribution DPC for a font Times New Roman 171-300pt is figured in the field of digits 6 and 9. The vertical indicates average value. The most interquartile values DPC collect about average value. The similar picture is watched in all areas of digits and does not depend on a type of a font. Therefore the supposition about existence of a normal distribution law DPC for digits will be logical depending on its of the size.

The identification of digits is determined by area in which one is concluded given DPC and the more so is interquartile than closer is she to average value.

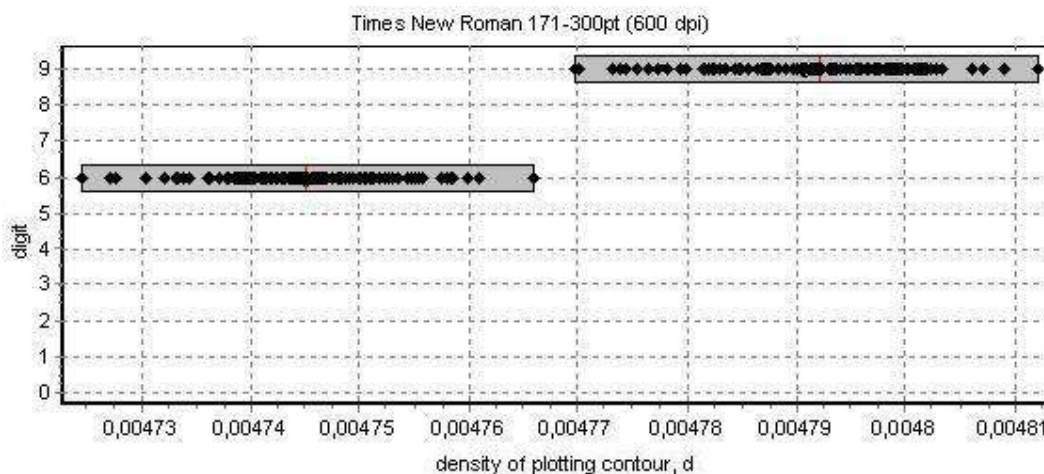


Figure 11 – Distribution DPC for a font Times New Roman 171-300pt (600 dpi), area of digits 6-9

Conclusions

1. In the reviewed fonts there is an area, behind which one the overlap of density of digits does not descend. Due to this the error-free identification of any digit is watched, but provided that it is known, what font will be used. Last descends that the relations between digits of a font on the miscellaneous sizes of its size are not formalized.

2. As a result of the analysis have received histograms separately on to each font, for all types of digits. It allows uniquely to identify unknowns fonts on availability as a minimum of 2 printed digits.

3. At the analysis of standard fonts such as, Arial, Courier New, Times New Roman the relations demonstrating distribution of density of digits of a font from the size of a size are obtained. For the sizes from 8 up to 14 points the least imposing of areas DPC was exhibited with a

font Times New Roman. For such class of fonts the unique recognition of digit from its density starts with the size more than 250 points.

4. At mesh sizes of a font size the identification of digit becomes complicated, since density of digits approaches, and it demands increase of sensitivity of the optical converter, besides, the errors of optical instruments today are great enough (up to 10 %, and it happens and above) because of existing technology of their manufacturing. Here it is necessary to remember possible defects (discard) of the map of digits at usage of standard printed means. At a static defect of printing and decreasing of the size of digits percent of an error DPC is augmented.

The concluding. The given analysis of fonts allows to work out the guidelines at the choice of fonts for recognition(identification) of the definite class of problems or documents. In particular for the reports for voting it is necessary to elect a font Times New Roman.

LITERATURE

1. Бардачов Ю.М., Ходаков В.Є., Шеховцев А.В., Шаганиян С.М., Бараненко Р.В. «Вибори» - автоматизоване робоче місце працівника дільничної виборчої комісії. Вестник ХНТУ №1(24) 2006. стр. 10-14.
2. Фролов А., Фролов Г. Графический интерфейс GDI в Microsoft Windows. Том 14, М.: Диалог-МИФИ, 1994.
3. Калверт Чарльз Delphi 4. Энциклопедия пользователя: пер. с англ./ – К.: Издательство «ДиаСофт», 1998.
4. Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. Прикладные задачи теории вероятностей. – М.: Радио и связь. 1983.
- 5 Роджерс Д., Адамс Дж. Математические основы компьютерной графики: Пер. с англ. – М.: Мир, 2001.

УДК 681.306

Ю.Н. Бардачев, А.А. Дидык, С.В. Шкурдота, В.И. Литвиненко,
А.А. Фефелов

ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ПРОФИЛИРОВАНИЯ НАРКОТИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ

Аннотация. В статье описывается разработанная авторами информационно-аналитическая система профилирования наркотических веществ. Система предназначена для использования в оперативно-следственной деятельности и может применяться непосредственно подразделениями по борьбе с наркотиками МВД Украины и других правоохранительных органов.

Ключевые слова. Информационно-аналитическая система, наркотические вещества, профилирование.

Введение

Для борьбы с незаконным оборотом наркотиков можно использовать много разных стратегий, в рамках которых профилактические меры или действия принудительного характера применяются против сетей незаконного оборота на каждом этапе, от производства наркотиков до их распространения и потребления на местных рынках. Это означает, что правоохранительные органы должны выбрать наиболее эффективные, с учетом имеющихся ресурсов, методы и стратегии оперативной деятельности. В рамках подхода, основанного на использовании аналитической информации, выбор методов определяется четким представлением о применяемых преступниками механизмах, которое можно получить путем структурированной и систематической обработки имеющихся данных.

Для получения аналитической информации подобный подход требует разработки и применения соответствующих методов обработки данных. На первом этапе происходит сбор и систематизация соответствующих данных, поступающих от оперативно-следственных органов. Сведенная в базах данных информация интерпретируется, и на этой основе разрабатываются полезные гипотезы и формулируются рекомендации, помогающие в процессе принятия решений [1].

Значительные объемы наркотиков, изъятых у торговцев,

позволяют сформировать массивы данных, которые могут заложить полезную основу для этого процесса. Однако в значительной степени нерешенным остается один из главных предварительных вопросов: какого рода аналитическую информацию можно получить, изучая эти запрещенные вещества?

Опыт некоторых стран [1] по составлению профилей наркотических средств представляет собой попытку ответить на этот вопрос путем систематической регистрации физических и химических свойств изъятых наркотиков. Получаемые в результате массивы данных интерпретируются таким образом, чтобы получить на их основе полезную как с оперативной, так и со стратегической точки зрения аналитическую информацию о незаконном обороте наркотиков.

Как правило, установленные законом процедуры предусматривают проведение качественного и количественного анализа запрещенных веществ. Данные такого анализа обычно считаются свидетельствами, на основании которых и в соответствии с действующим законодательством правоохранительные органы принимают свои решения. Подход, основанный на использовании аналитической информации, позволяет расширить возможности применения полученных массивов данных об изъятых наркотиках.

Постановка задачи

В работах [2, 3] авторами рассмотрены алгоритмы предобработки масс-спектров и их классификации. В данной работе рассматривается проблема создания информационно-аналитической системы профилирования наркотических веществ.

Описание работы системы

На рис.1 представлена общая схема информационно-аналитической системы профилирования наркотических веществ.

На **первом этапе** оперативно-следственные органы МВД изымают наркотики и передают их в научно-исследовательские экспертно-криминалистические центры для определения их состава с помощью метода спектрометрии (**второй этап**). Однако провести систематический анализ всего объема изъятых веществ невозможно, поскольку такая операция будет слишком дорогостоящей и длительной. Поэтому для анализа отбираются только малые количества вещества (образцы). Измеренные количества (профиль)

рассматриваются затем как представительные с точки зрения свойств всей изъятой партии. Подобная операция, называемая "отбор образцов", проводится в соответствии со стратегией, основанной на принципах статистики.

Далее, полученные в лаборатории на втором этапе масс-спектры образцов наркотических веществ отсылаются в режиме реального времени в государственный экспертно-криминалистический центр МВД Украины. Связь с центром осуществляется через Internet с использованием технологий, которые позволяют гарантировать безопасность и защищенность канала связи от прослушивания и перехвата служебной информации, таких как Secure HTTP (HTTPS) и/или Virtual Private Network (VPN). На основе эталонов химических веществ, хранящихся в базе данных эталонов, производится распознавание масс-спектров с целью определения состава изъятых наркотических веществ.

Далее в государственном экспертно-криминалистическом центре МВД Украины (**третий этап**) с помощью методов мультифрактального анализа формируется набор атрибутов, характерных только для этого вещества. На основании этих данных выполняется составление профиля наркотического вещества, который содержит масс-спектр вещества, его состав, набор информативных атрибутов, место и дату изъятия и т.д., т.е. информацию, позволяющую в дальнейшем уникально идентифицировать этот образец наркотического вещества.

Полученные профили сохраняются во всеукраинской базе данных профилей, после чего они могут использоваться для получения разнообразной оперативно-аналитической информации. Партии изъятых наркотиков при этом учитываются не по отдельности, а сопоставляются и группируются в соответствии со сходством установленных профилей. Взаимосвязь между изъятыми образцами может носить разный характер и быть разной по степени, означая, что наркотики входили в одну партию, распределялись по одним и тем же сетям или происходят из одного и того же региона.

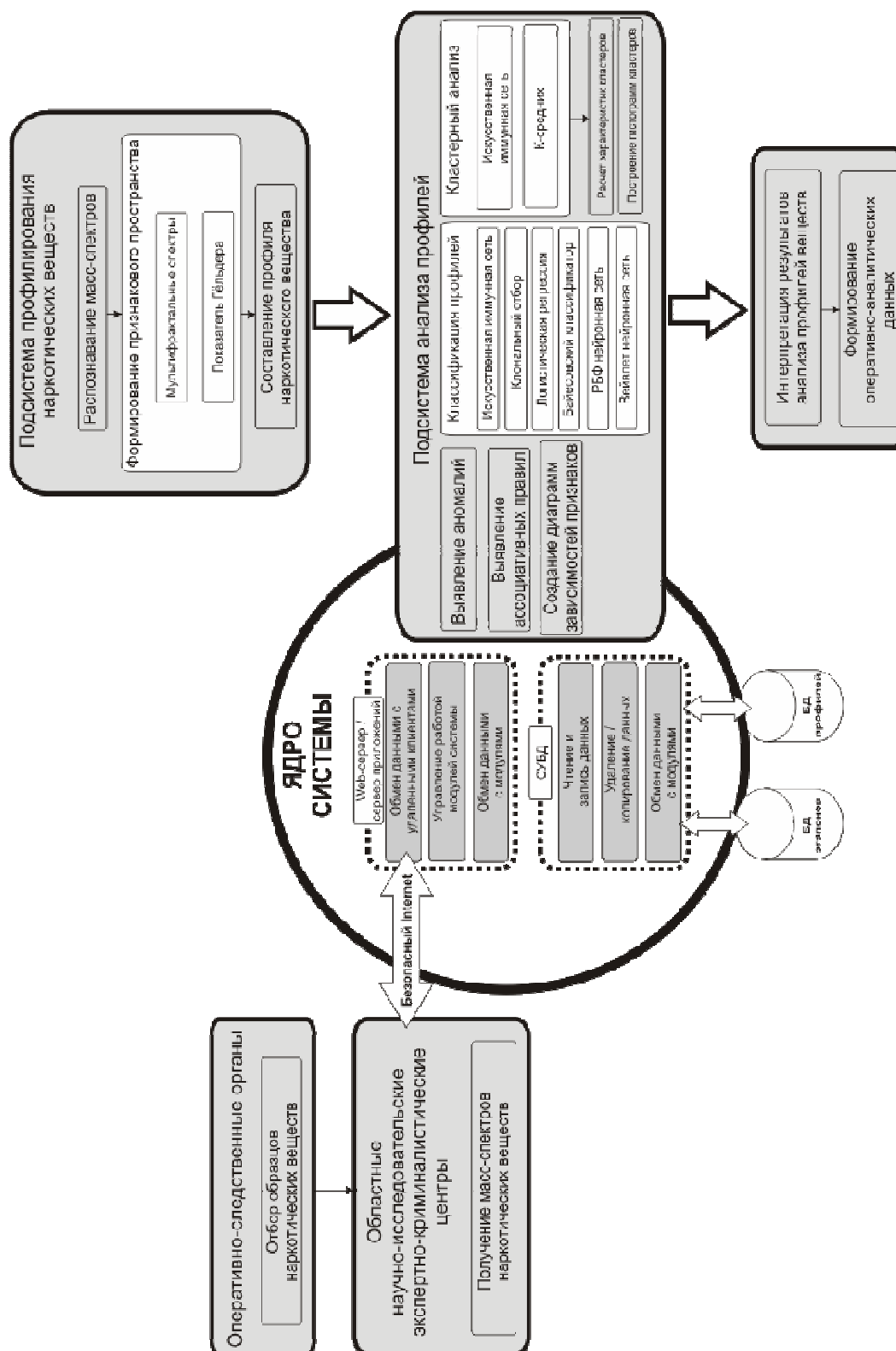


Рисунок 1 – Структура системы профилирования наркотических веществ

При этом с помощью методов извлечения знаний из данных, например, методов поиска ассоциативных правил или выявления аномалий, в больших массивах данных можно распознать определенные закономерности. Такие закономерности должны привлечь внимание к конкретным массивам данных, представляющих особый интерес. Например, то или иное химическое соединение может в определенный период обнаруживаться в необычных количествах. Подобные закономерности, которые могут быть скрытыми в больших объемах накопленных данных, весьма полезны для понимания тенденций в области незаконного оборота наркотиков. Еще одним из возможных путей использования таких массивов данных является применение аналитической информации в сочетании с материалами проводимых оперативно-следственными органами расследований и данными стратегического анализа.

В качестве программной платформы для реализации системы был выбран язык программирования Java [4] (среда разработки NetBeans IDE [5]). В качестве системы управления базой данных – PostgreSQL [6].

Программы на Java транслируются в байт-код, выполняемый виртуальной машиной Java (JVM) — программой, обрабатывающей байтовый код и передающей инструкции оборудованию как интерпретатор, но с тем отличием, что байтовый код, в отличие от текста, обрабатывается значительно быстрее. Несомненным достоинством подобного способа выполнения программ является полная независимость байт-кода от операционной системы и оборудования, что позволяет выполнять Java-приложения на любом устройстве, для которого существует соответствующая виртуальная машина (кроссплатформенность). Другой важной особенностью технологии Java является гибкая система безопасности благодаря тому, что исполнение программы полностью контролируется виртуальной машиной. Любые операции, которые превышают установленные полномочия программы (например, попытка несанкционированного доступа к данным или соединения с другим компьютером) вызывают немедленное прерывание.

NetBeans IDE – это бесплатная интегрированная среда разработки программного обеспечения с открытым исходным кодом, которая предоставляет все инструментальные средства, необходимые

для создания профессиональных настольных, уровня предприятия, сетевых и мобильных приложений на языке программирования Java.

PostgreSQL – это бесплатная, мощная объектно-реляционная система управления базой данных с открытым исходным кодом. Существуют реализации этой СУБД для всех основных операционных систем, включая Linux, UNIX и Windows. Ее реализация SQL строго соответствует стандарту ANSI-SQL:2008. Сильными сторонами PostgreSQL считаются:

- кроссплатформенность;
- поддержка БД практически неограниченного размера;
- мощные и надёжные механизмы транзакций и репликации;
- наследование;
- легкая расширяемость.

Выводы

В настоящей статье освещается разработанная система профилирования наркотических веществ. Особенность данной системы состоит в ее ориентированности на оперативные подходы, которые непосредственно применяют в своей работе подразделения по расследованию дел о незаконном обороте наркотиков, входящие в состав правоохранительных органов. Для быстрого выявления взаимосвязей между образцами наркотических средств была разработана и опробована технология составления профилей наркотиков, включающая в себя аналитические, статистические и компьютерные методы. Задача состояла в том, чтобы обеспечить установление взаимосвязей химических характеристик на систематической основе и дать оптимальное наглядное отображение этих взаимосвязей, что крайне важно для интерпретации и распространения соответствующих данных. Опыт такой работы показал, что выявление взаимосвязей между партиями наркотиков, изъятыми на различных региональных рынках, открывает огромные возможности для расследований различных правоохранительных органов.

Испытания пилотной модели системы доказали ее эффективность. Следующий шаг состоит в том, чтобы внедрить систему в масштабе страны. Это позволит в максимальной степени раскрыть потенциал аналитической информации по выявленным взаимосвязям. Необходимость унификации процедуры передачи

данных и обеспечения их доступности была учтена при создании новой базы данных государственного экспертно-криминалистического центра МВД Украины. Это первая база данных, объединяющая в единую структуру традиционную информацию из источников МВД и данные по профилям.

Эта программа позволяет изучать точки соприкосновения между различными источниками информации и выдвигать гипотезы относительно структуры рынков или сетей незаконного оборота наркотиков (подтверждение, значение и характеристики).

Наконец, выявленные в результате составления профилей взаимосвязи в сочетании с традиционной информацией будут способствовать лучшему пониманию структуры рынка и позволят проводить в жизнь средне- и долгосрочные стратегии в сфере расследований. Таким образом, следователь всегда будет иметь в своем распоряжении диаграмму, показывающую все изъятые партии, которые по своим химическим характеристикам связаны с той, что его интересует.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бюллетень по наркотическим средствам, Том LVII, № 1 и 2, 2005 год – Организация Объединенных Наций, Нью-Йорк, 2007.
2. Дидык А.А., Фефелов А.А., Литвиненко В.И., Шкурдота С.В., Синяков Ф.В. Классификация масс-спектров с помощью кооперативного иммунного алгоритма // «Автоматика. Автоматизация. Електротехнічні комплекси і системи» – № 2(24) – 2009 – с.50-58.
3. Дидык А.А., Литвиненко В. И., Шкурдота С.В., Фефелов А. А. Применение иммунных алгоритмов для решения задач классификации масс-спектров // Інтелектуальні системи прийняття рішень та проблеми обчислювального інтелекту: міжнар. наук. конф., 18–22 трав. 2009 р.: збірник праць. – Євпаторія, 2009. – Т. 2. – с. 304–309.
4. <http://java.sun.com/>
5. <http://netbeans.org/>
6. <http://www.postgresql.org/>

МОДЕЛІ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ПРИ УПРАВЛІННІ ДОЧІРНІМ ПІДПРИЄМСТВОМ

Анотація. Проаналізовано дочірнє підприємство як об'єкт управління активними системами. Запропоновано метод дослідження дочірнього підприємства, який полягає у використанні в активних системах комплексного підходу, який поєднує евристико-аналітичні та ймовірнісні методи, що дозволяє побудувати алгоритм процесу розробки оперативного рішення.

Ключові слова. Активні системи, прийняття рішень, управління, підприємство, комплексний підхід, імітаційне моделювання.

Вступ

Сучасна економіка диктує свої умови для ефективного функціонування будь-якого підприємства. Нинішній період характеризується виникненням нових форм власності, нових форм організації економічних взаємовідносин, середовищем (сировинним, податковим), що постійно змінюється. Нестабільне економічне становище сприяє виникненню непередбачуваних ризиків.

Одним із засобів „виживання” для невеликих підприємств є входування їх до корпорацій на засадах дочірніх підприємств [1]. Дочірні компанії є юридично самостійними. Вони мають достатню фінансову базу й майно, необхідне для здійснення самостійної господарської діяльності.. Разом з тим, материнська компанія здійснює контроль за діяльністю належних їй дочірніх компаній, що забезпечує володіння контрольним пакетом акцій.

Складні соціально-економічні системи, як правило, включають значне число суб'єктів управління, які мають властивість активності, що полягає в їхній здатності цілеспрямовано діяти відповідно до власних цілей і інтересів. Вдосконалення управління дочірнім підприємством з метою отримання максимально можливого прибутку, раціонального використання сировини, зокрема розробки оптимальних та конкурентоспроможних рецептур на харчовому підприємстві, є досить актуальним на сьогоднішній день. Розв'язання таких задач практично неможливо без впровадження сучасних інформаційних технологій, швидкості та правильності прийнятих рішень [2, 3].

Ціль роботи

Одним з підходів до розв'язання задач даного класу є застосування теорії активних систем [4, 5], що розглядає широке коло задач управління в економіці й суспільстві з врахуванням проявів активності учасників системи. **Метою роботи** є розробка методології використання комплексного підходу в активних системах для розробки системи підтримки прийняття рішень стосовно дочірніх підприємств харчової галузі.

Викладення основного матеріалу

При управлінні активними системами виникає необхідність врахування активності її елементів, тому що тільки лише формулювання цілей управління виявляється недостатнім для забезпечення бажаного поведіння активної системи. Отже, необхідно забезпечити механізм реалізації цілей управління. Для цього варто визначити можливі реакції системи на різні управляючі впливи й чітко встановити механізм функціонування системи - сукупність правил, законів, процедур і т.д., що регламентують взаємодію її учасників: управляючого органа (центра) і керованих суб'єктів (активних елементів – АЕ). Складовою частиною механізму функціонування є механізм управління активними системами (АС), тобто правила прийняття управлінських рішень центром.

Особливо слід зазначити, що мається на увазі не тільки послідовність дій, що забезпечують рішення задачі синтезу управлінь, оптимальних у моделі АС, а сукупність методів, що дозволяють здійснити комплексне рішення всіх задач, що стоять перед дослідником операцій.

Розглянемо задачу управління будь-якою (пасивною або активною) системою. Нехай стан системи в деякий момент часу залежить від управляючих впливів $u \in U : y = F(u)$. Припустимо, що на множині $U \times A$ заданий функціонал $\Phi(i, y)$, що визначає ефективність функціонування системи. Величина $K(u) = F(u, F(u))$ називається ефективністю управління $u \in U$.

Тоді задача управляючого органу полягає у виборі такого припустимого управління, що максимізувало б значення його ефективності за умови, що відома реакція системи $F(u)$ на управляючі впливи:

$$K(u) \rightarrow \max_{u \in U} \quad (1)$$

Якщо управляючий орган має модель реальної активної системи, що адекватно описує її поведінку, то задача управління АС (задача синтезу оптимального управляючого впливу) зводиться до вибору оптимального управління $u^* = \tilde{u}(y) \in U$, тобто припустимого управління, що максимізує ефективність.

Склад, структура, цільові функції, припустимі множини, число періодів функціонування, порядок функціонування й інформованість учасників визначають механізм функціонування (управління) АС. Це сукупність законів, правил і процедур взаємодії учасників системи. У вузькому сенсі механізм управління являє собою сукупність правил прийняття рішень (ППР) учасниками АС при заданих її складі, структурі й т.д.

Розглянемо базову модель активної системи, що складається із центра й n активних елементів, що функціонують в умовах повної інформованості про всі істотні зовнішні та внутрішні відносно системи параметри (детермінована АС). Структура АС наведена на рис. 1.

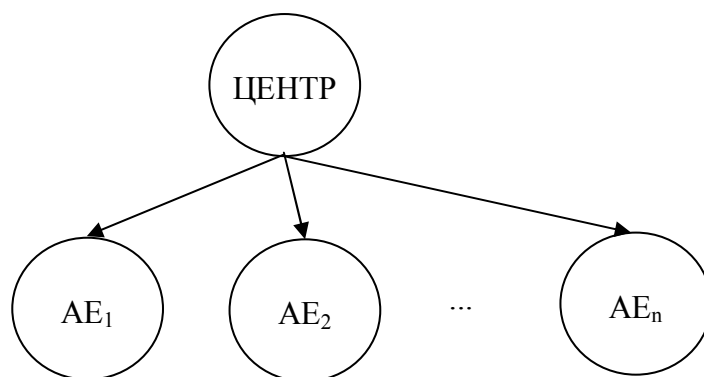


Рисунок 1 – Дворівнева АС віялового типу.

Термін "базова" відносно описуваної моделі слід розуміти так: розглянута модель є з однієї сторони найпростішою (як з погляду структури, опису й т.д., так і з погляду її дослідження), тому що в її рамках не враховуються багато факторів (динаміка, невизначеність і т.д., які враховуються в розширеннях базової моделі), а з іншої сторони на її прикладі можна простежити багато закономірностей управління АС для того, щоб використовувати їх при переході до більш складних моделей.

Нехай активна система складається із центра й одного активного елемента. Інтереси учасників виражені їхніми цільовими функціями: $\Phi I(y) = H(y)$ і $f(y) = \sigma(y) - c(y)$, де $y \in A$ – дія АЕ, $H(y)$ – функція доходу

центру, $\sigma(y) \in M$ – функція управління, $c(y)$ – функція витрат АЕ [6]. Стратегією центра є призначення функції управління із класу M з метою максимізації своєї цільової функції $\Phi I(y)$ за умови, що АЕ вибере при відомій функції управління дію з множини A , що максимізує його власну цільову функцію $f(y)$. Множина дій АЕ, що забезпечують максимум його цільової функції при даній системі управління, називається множиною реалізованих дій (множиною рішень гри) (2):

$$P(\sigma) = \underset{y \in A}{\operatorname{Arg\,max}} \{ \sigma(y) - c(y) \} \quad (2)$$

Ефективність управління в рамках гіпотези доброзичливості визначається як $K(\sigma) = \max_{y \in P(\sigma)} \Phi(y)$. Задачею синтезу оптимальної функції управління називається задача $K(\sigma) \rightarrow \max_{\sigma \in M}$

У багатоелементних задачах витратами на управління називається величина $\vartheta(y, \sigma) = \sum_{i=1}^n \sigma_i(y_i)$, де i – номер АЕ, $i \in I = \{1, 2, n\}$, n – число

АЕ в системі, $y = (y_1, y_2, y_n)$ [5]. Витратами на управління по реалізації

дії $y \in A' = \prod_{i=1}^n A_i$ системою управління $\sigma \in M$ називається величина

$\vartheta(y, \sigma)$, де $y \in P(\sigma)$. Мінімальні витрати на управління по реалізації дії

$$y \in A \in \vartheta(y) = \min_{\{\sigma \in M | y \in P(\sigma)\}} \vartheta(y, \sigma).$$

Використання теорії активних систем для розв'язання задач нашого дослідження пропонується здійснювати за умови комплексного підходу. Саме комплексний підхід, що поєднує евристико-аналітичні, імовірнісні та інші методи, дає можливість розглядати ситуації з різних сторін. Деякі задачі можна вирішувати декількома методами, деякі – лише одним методом. Такий підхід дає змогу експертові приймати зважені, раціональні рішення.

Розглянемо застосування комплексного підходу для розв'язання задачі оцінки ризику інвестиційного проекту. Спочатку розв'яжемо задачу ймовірнісним методом.

Інвестиційний проект – це план або програма заходів, пов'язаних із здійсненням капітальних вкладень з метою їх подальшого відшкодування та одержання прибутку. Такий проект припускає планування в часі трьох основних грошових потоків: потоку інвестицій, пото-

ку поточних (операційних) платежів та потоку надходжень. Будь-яка змінна не може бути спланована цілком точно, тому що немає повної визначеності відносно майбутнього стану ринку. Дана модель розглядає оцінку ризику інвестиційного проекту з використанням методів нечітких множин.

Під невизначеністю слід розуміти стан неоднозначності розвитку певних подій в майбутньому, стан неможливості точного передбачення основних величин і показників розвитку діяльності підприємства. Повне виключення невизначеності, тобто створення однозначних умов розвитку та протікання бізнесу, є неможливим.

Облік ризиків, пов'язаних з реалізацією інвестиційного проекту, здійснюється декількома способами. Можна виконати експертну оцінку ризику проекту та включити його величину в коефіцієнт дисконтування. В цьому випадку математична модель оцінки проекту виглядає як

$$NPV = -I + \sum_{i=1}^n \frac{CIF_i - COF_i}{(1+k)^i} + \frac{C}{(1+k)^{n+1}}, \quad (3)$$

де NPV – чиста приведена вартість проекту; I – необхідна інвестиція; k – коефіцієнт дисконтування з урахуванням факторів ризику; CIF_i – грошові надходження в i -му періоді; COF_i – витрати i -го періоду; C – ліквідаційна вартість чистих активів, що склалася в ході інвестиційного процесу; n – кількість років реалізації проекту.

Вираз $CIF_i - COF_i$ в формулі (3) можна замінити на узагальнений вираз ΔVi (оборотне сальдо надходжень i витрат в i -му періоді). Тоді (3) має вигляд:

$$NPV = -I + \sum_{i=1}^n \frac{\Delta V_i}{(1+k)^i} + \frac{C}{(1+k)^{n+1}}. \quad (4)$$

Більш довершений спосіб припускає зменшення грошових потоків доходів майбутніх періодів на зростаючий коефіцієнт, що показує ступінь невпевненості у величинах очікуваних доходів. Така модель має вигляд:

$$NPV = \sum_{i=0}^n \frac{\alpha_i * CIF_i - COF_i}{(1+k)^i}, \quad (5)$$

де α_i – вказаний коефіцієнт.

Коли мова йде про доцільність інвестиції, можна використовувати метод обчислення чистої приведеної вартості, формула обчислення якої в цьому випадку може бути перетворена до наступного вигляду:

$$NPV = -I_0 + PV(I_n) + \sum_{i=0}^n \frac{(P - VC) * FMS * MS * (1 + MGR * (i - 1)) - FC}{(1 + k)^i}, \quad (6)$$

де $PV(I_n)$ – приведені значення остаточної вартості інвестиції; I_0 – необхідна інвестиція; P – відпускна ціна; FMS – доля ринку компанії; FC – постійні витрати; I_n – остаточно вартість інвестиції; VC – змінні витрати; MS – розмір ринку; MGR – коефіцієнт зростання ринку.

Інвестиційний проект вважається ефективним, коли NPV, оцінена за формулою (6), є більшою за визначений проектний рівень. Якщо всі параметри в (6) є „розмитими”, тобто їх точне плановане значення невідомо, тоді в якості вхідних даних доречно використовувати трикутні нечіткі числа з функцією належності наступного вигляду [6] (рис. 2).

Ці числа моделюють висловлювання наступного виду: „параметр A приблизно дорівнює $\bar{a}$ та однозначно знаходиться в діапазоні $[a_{\min}, a_{\max}]$ ”. Отриманий опис дозволяє розробнику інвестиційного проекту в якості вхідної інформації взяти інтервал параметру та найбільш очікуване значення цього ж параметру. Тоді відповідне трикутне число побудовано. Параметри $(a_{\min}, \bar{a}, a_{\max})$ називаються значимими точками трикутного нечіткого числа $\underline{A}$.

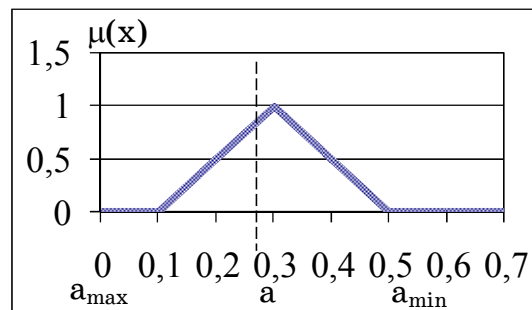


Рисунок 2 – Трикутне число

Тепер всі параметри для розрахунку NPV можна записати наступним набором нечітких чисел:

$$\underline{I} = (I_{\min}, \bar{I}, I_{\max}); \quad \underline{r} = (r_{\min}, \bar{r}, r_{\max});$$

$$\underline{\Delta V}_i = (V_{\min}, \overline{\Delta V}_i, V_{\max}); \quad \underline{C} = (C_{\min}, \bar{C}, C_{\max}).$$

Якщо будь-який параметр відомий цілком точно або заданий од-
нозначно, тоді нечітке число $\underline{A}$ вироджується в дійсне число A з
обов'язковим виконанням умови $a_{\min} = \bar{a} = a_{\max}$. При цьому сутність
методу залишається незмінною.

Основні операції з нечіткими числами зводяться до операцій з їх
інтервалами достовірності, а операції з інтервалами, в свою чергу,
виражаються через операції з дійсними числами – границями інтер-
валів. Якщо по кожному нечіткому числу в структурі вихідних даних
знайти інтервали достовірності, то, користуючись правилами матема-
тичних дій із нечіткими числами, отримуємо формулу:

$$[NPV_1, NPV_2] = \left[-I_2 + \sum_{i=1}^n \frac{\Delta V_{i1}}{(1+k_2)^i} + \frac{C_1}{(1+k_2)^{n+1}}, -I_1 + \sum_{i=1}^n \frac{\Delta V_{i2}}{(1+k_1)^i} + \frac{C_2}{(1+k_1)^{n+1}} \right]. \quad (7)$$

Найпростішим способом оцінки ризику інвестицій є обчислення
коефіцієнту стійкості бізнес-плану. Цей коефіцієнт можна розрахува-
ти, якщо відоме середньоочікуване значення чистої приведеної варто-
сті проекту. Коефіцієнт стійкості бізнес-плану [7] розраховується за
формулою:

$$\lambda = \frac{NPV_{av}}{\Delta}, \quad (8)$$

де NPV_{av} – середньоочікуване значення NPV ;

Δ – різниця NPV від середнього (тобто $\Delta = NPV_{av} - NPV_{\min} = NPV_{\max} - NPV_{av}$, $NPV = NPV_{av} \pm \Delta$).

Зрозуміло, що чим вищий коефіцієнт стійкості бізнес-плану, тим
більш надійним є інвестиційне розв'язання. Для оцінки рівню ризику
використовується табл. 1 [7].

Таблиця 1

Рівень ризику та ризик-статус проекту

Значення λ	Рівень ризику проекту, %	Ризик-статус проекту
0 ... 0,25	>20	Неприйнятний ризик
0,25 ... 0,44	10 ... 20	Прикордонний ризик
0,44 ... 1	<10	Прийнятний ризик

При $\lambda \rightarrow \infty$ розшарування даних немає, тобто інвестиційний проект може бути прийнятий до виконання. Однак в реальності інвестиційного проектування завжди є сценарії несприятливого розвитку подій, коли $NPV_{\min} = NPV_{av} - \Delta < 0$, тобто $\lambda < 1$.

При цьому раціональні інвестиційні проекти припускають середньоочікуваний результат проекту. Таким чином, ми досліджуємо ризик інвестиційного проекту при вхідному допущенні про стійкість проекту в межах $0 < \lambda < 1$.

На рис.3 наведено екранну форми роботи програми, що здійснює оцінку ризику інвестиційного проекту.

Рис. 3. Результат роботи програми оцінки ризику інвестиційного проекту

Здійснимо імітаційне моделювання аналізу ризиків інвестиційного проекту на такому прикладі.

Фірма розглядає інвестиційний проект з виробництва продукту "А". Експериментально були виявлені три ключових параметри проекту й визначені можливі межі їх змін (табл. 2). Інші параметри проекту вважаються сталими (табл. 3)

Ключові параметри проекту

Показники	Сценарій		
	Найгірший	Найкращий	Ймовірний
Обсяг випуску Q	150	300	200
Ціна за штуку P	40	55	50
Змінні витрати V	25	35	30

Першим етапом аналізу є визначення залежності результуючого показника від вихідних. При цьому як результуючий показник звичайно виступає один із критеріїв ефективності: NPV, IRR, PI. Припустимо, що використовуваним критерієм є чиста теперішня вартість проекту NPV:

$$NPV = \sum_{i=1}^n \frac{NCF_i}{(1+r)^i}, \quad (9)$$

де NCF_i – значення чистого потоку платежів у періоді t .

За умовами прикладу значення норми дисконтування r і початковий обсяг інвестицій I_0 відомі і вважаються сталими протягом строку реалізації проекту (табл. 3). Будемо вважати, що потік платежів, який генерується проектом, має вид ануїтету. Тоді величина потоку платежів NCF для будь-якого періоду t однакова і може бути визначена із співвідношення:

$$NCF = [Q(P - V) - F A](1 - T) + A. \quad (10)$$

Наступним етапом проведення аналізу є вибір законів розподілу ймовірностей змінних факторів. У нашому прикладі до таких факторів належать: змінні витрати V , обсяг випуску Q і ціна P . Діапазони можливих змін показників наведено у табл. 2. Ми будемо виходити з припущення, що всі ключові змінні фактори мають рівномірний розподіл ймовірностей.

У прикладі ми виходимо з припущення про незалежність і рівномірний розподіл ключових змінних Q , V , P . Визначити, який розподіл при цьому буде мати показник NPV, заздалегідь неможливо. Одне з можливих вирішень цієї проблеми — спробувати апроксиму-

вати невідомий розподіл одним із відомих. Зазвичай для апроксимації використовують функцію нормального розподілу.

Таблиця 3

Сталі параметри проекту

Показники	Найбільш ймовірне значення
Постійні витрати - F	500
Амортизація - A	100
Податок на прибуток - T	60%
Норма дисконту - r	10%
Термін проекту - n	5
Початкові інвестиції - I ₀	2000

У прикладному аналізі для цілей апроксимації широко застосовується окремий випадок нормального розподілу — стандартний нормальний розподіл. Математичне очікування стандартно розподіленої випадкової величини E дорівнює 0: $M(E) = 0$. Графік цього розподілу симетричний відносно осі ординат. Розподіл характеризується одним параметром — стандартним відхиленням σ , яке дорівнює 1.

Приведення випадкової змінної E до стандартно розподіленої величини Z здійснюється за допомогою нормалізації, яка полягає у вирахуванні середньої та наступного ділення її на стандартне відхилення:

$$Z = \frac{E - M(E)}{\delta(E)} \quad (11)$$

Виходячи з (11), величина Z виражається в кількості стандартних відхилень. Для обчислення ймовірностей за значенням нормалізованої величини Z використовуються спеціальні статистичні таблиці.

Моделювання проводилося засобами електронних таблиць Microsoft Excel. Результати наведено на рис. 4.

Висновки

Проведено аналіз дочірнього підприємства як об'єкта управління активними системами. Запропоновано метод дослідження дочірнього підприємства, який полягає у використанні в активних системах комплексного підходу, який поєднує евристико-аналітичні та ймовір-

нісні методи, що дозволяє побудувати алгоритм процесу розробки оперативного рішення.

	A	B	C	D	E	F
1	Имитационный анализ (Метод Монте-Карло)					
	Распределение с равными вероятностями					
2	Начальные инвест. (I)	2000	Норма (r)	0,1		
3	Пост. расходы (F)	1000	Налог (T)	1		
4	Амортизация (A)	400	Срок (n)	9		
5						
6	Показатели	Переменные (V)	Количество (Q)	Цена (P)	Поступления (NCFt)	NPV
7						
8	Среднее значение	35,75356363	227,110313	48,61666417	594532,8022	101235
9	Стандарт. отклонение	5,636145398	39,9497208	3,768093915	677986,2443	117725,9
10	Коеф. вариации	0,157638703	0,17590448	0,077506221	1,140368104	1,1628972
11	Минимум	25,69999073	159,141873	40,83921243	-712092,599	-125648,14
12	Максимум	44,76045461	293,60256	54,83358498	2203768,608	380663,57
13	Число случаев NPV<0					13
14	Сумма убытков					-500305,9
15	Сумма доходов					5460820,7
16						
17	Вероятность p(NPV<=X)			Величина (X)	Нормал. (X)	p(NPV<=X)
18				0	-0,85992121	0,1949162
19						

Рисунок 4 – Результати аналізу

ЛІТЕРАТУРА

1. Гибсон Дж.Л., Иванцевич Д.Л., Доннелли Д.Х. Организации: поведение, структуры, процессы: Учебник для вузов. – М: ИНФРА-М, 2000. – 345 с.
2. Рогальский Ф.Б., Курилович Я.Е., Цокуренок А.А. Математические методы анализа экономических систем: В двух кн. – Київ: Наукова думка, 2001. – Кн. 1. – 435 с. Кн. 2. – 423 с.
3. Вишемирська С. В. Інформаційне забезпечення прийняття рішень на підприємстві дитячого харчування // Математичне та програмне забезпечення інтелектуальних систем. Тези доповідей. – Дніпропетровськ, 2008. – С. 73–75.
4. Бурков В.Н. Основы математической теории активных систем. – М.: Наука, 1977.
5. Бурков В.Н., Новиков Д.А. Теория активных систем: состояние и перспективы. – М.: Синтез, 1999. – 128 с.
6. Недосекин А. О. Простейшая оценка риска инвестиционного проекта // Современные аспекты экономики, №11, 2002. – С. 3.

Ю.А. Водолазский, А.И. Михалев, А.П. Клименко

МУЛЬТИФРАКТАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МИКРОШЛИФОВ КОЛЁСНЫХ СТАЛЕЙ

Аннотация. В работе вычислены мультифрактальные параметры серии микрошлифов колёсных сталей. Исследована взаимосвязь между структурой (мультифрактальные параметры) и свойствами сталей (твёрдость).

Ключевые слова: металловедение, фрактальная геометрия, мультифрактал, размерности Реньи.

Введение

Установление связей в цепи “состав - структура - свойство” металлических материалов является важнейшей задачей металловедения. Однако, несмотря на накопленный большой экспериментальный материал по исследованию влияния структуры на свойства, соотношения, выявляемые между свойствами и структурными характеристиками, в подавляющем большинстве случаев носят качественный характер.

В свою очередь классической является задача прогнозирования механических свойств стали по её фактическому химическому составу и данным металлографического анализа, который позволяет определить: размер зерна и его статистические характеристики (среднеквадратичное отклонение, асимметрия, эксцесс); долю избыточного феррита; балл пластинчатого перлита (средневзвешенный); долю бейнитной фазы и общую долю загрязненности неметаллическими включениями.

В данной работе предлагается вместо классического металлографического анализа использовать аппарат фрактальной геометрии для вычисления численных параметров (спектра мультифрактальных размерностей [1]), на основе которых предлагается прогнозировать механические свойства изучаемых материалов.

Анализ публикаций

В работе [2] рассматривается изучение фундаментальных механических свойств материалов, в том числе, и с помощью теории

фракталов. Моделированию металлических материалов с помощью фрактальных структур посвящена работа [3]. Использование мультифрактального анализа и определение численных параметров структур металлов и других материалов рассматривается в работах [4-6].

Постановка задачи

1. Определить с использованием мультифрактального анализа количественные параметры изображений микрошлифов образцов колесных сталей, из которых изготавливали колеса в серийном производстве.
2. Проанализировать взаимосвязь найденных мультифрактальных параметров с технологическими параметрами соответствующих образцов сталей.

Мультифрактальный анализ микрошлифов

Мультифрактальный анализ заключается в вычислении спектра размерности Реньи и мультифрактального спектра, а также проверке их корректности [1, 4-6]. Расчеты проводились с помощью авторского программного обеспечения MFMet [5,6].

Исходные данные

Обрабатывалось 96 образцов, соответствующих колесам различных типоразмеров и составов стали. В таблице 1 приведены интервалы варьирования содержания химических элементов (C, Mn, Si) и твёрдости, измерение которой проводилось в лабораторных условиях по шкале Бринелля на приборе ТШ-2М.

Таблица 1

Химические и технологические параметры исследуемых образцов

	C, %	Mn, %	Si, %	Твёрдость, НВ
Min	0,46	0,62	0,27	255
Max	0,68	0,81	0,41	345

Цифровые изображения поверхностей колёсных сталей, используемые для **анализа**, снимались в светлом поле зрения с использованием световых металлографических микроскопов “Epiqwant” и “Neofot-21”, модернизированных посредством установки цифровой видеокамеры «Panasonic NV-CS1» подключенной к компьютерному комплексу. Шлифы изготавливались по стандартной методике. Травление каждого образца производилось по отдельности и в новой пор-

ции травителя. Применяемые увеличения при световой микроскопии x500, x1000 крат.

Предварительная обработка изображений

Используемое программное обеспечение (MFMet) анализирует только бинарные изображения, поэтому необходима предварительная обработка цветных (яркостных) изображений, получаемых на микроскопе. Бинаризация с использованием порога яркости даёт много шумов и плохо выделяет границы зёрен (рисунок 1), что вносит погрешности в расчёты.

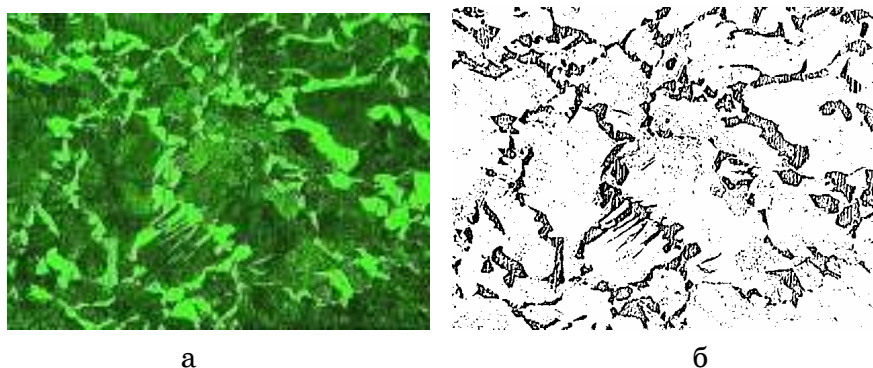


Рисунок 1 – Бинаризация с помощью порога яркости.

а – исходное изображение, б – бинарное

Предлагается получать бинарные изображения с помощью выделения границ зёрен по градиенту яркости с использованием различных фильтров, например Гаусса, Превита и Собеля (рисунок 2).

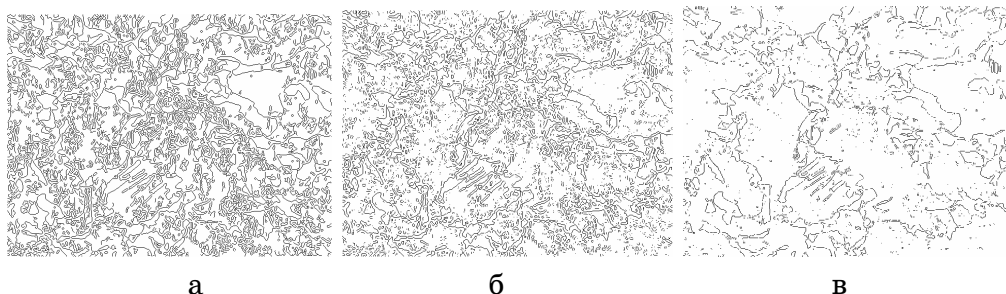


Рисунок 2 – Бинаризация выделением контрастных границ с помощью фильтров Гаусса (а), Превита (б) и Собеля (в)

Параметры фильтров подбирались таким образом, чтобы полученное изображение наиболее чётко отображало исходную структуру микрошлифа и содержало минимальное количество шума. В большинстве случаев это был фильтр Собеля с адаптивной настройкой параметров.

Оценивание результатов мультифрактального анализа

Для каждого изображения были рассчитаны мультифрактальный спектр и спектр размерностей Реньи [1, 4, 5]. Таким образом, для каждого изображения, а соответственно и для связанного с ним образца стали, получен целый ряд количественных характеристик, отражающих сложную, иррегулярную, самоподобную структуру его поверхности. При этом наиболее важными характеристиками выявились фрактальная, информационная, корреляционная размерности, оценки однородности и упорядоченности [4].

Значение твёрдости в исследуемой выборке принимало 12 значений от 255 НВ до 345 НВ. Изображения были разбиты на группы с одинаковыми значениями твёрдости соответствующих им образцов стали (см. таблицу 2).

Таблица 2

Группирование микрошлифов по значению твёрдости

Твёрдость, НВ	255	260	266	272	278	283	285	290	292	293	298	345
Количество микрошлифов	2	23	8	20	4	2	14	3	10	3	5	2

Ниже приведены графики для оценки упорядоченности $d = D_1 - D_{q_{Max}}$ (далее, mf-параметр). Анализ этого параметра показал, что его значения уменьшаются с увеличением твёрдости.

На рис. 3 приведены параметры распределения оценки упорядоченности для каждого значения твёрдости. В качестве центра распределения использовалась медиана, так как она более устойчива к выбросам, которые присутствуют в исходной выборке. По той же причине вместо дисперсии для оценивания разброса распределения в группе использовался интерквартильный размах.

Из рисунка 3 видно, что изображения, относящиеся к одной группе, имеют, как правило, близкие значения mf-параметров. К тому же, средние значения mf-параметра изменяются с изменением твёрдости так, что прослеживается линейная зависимость.

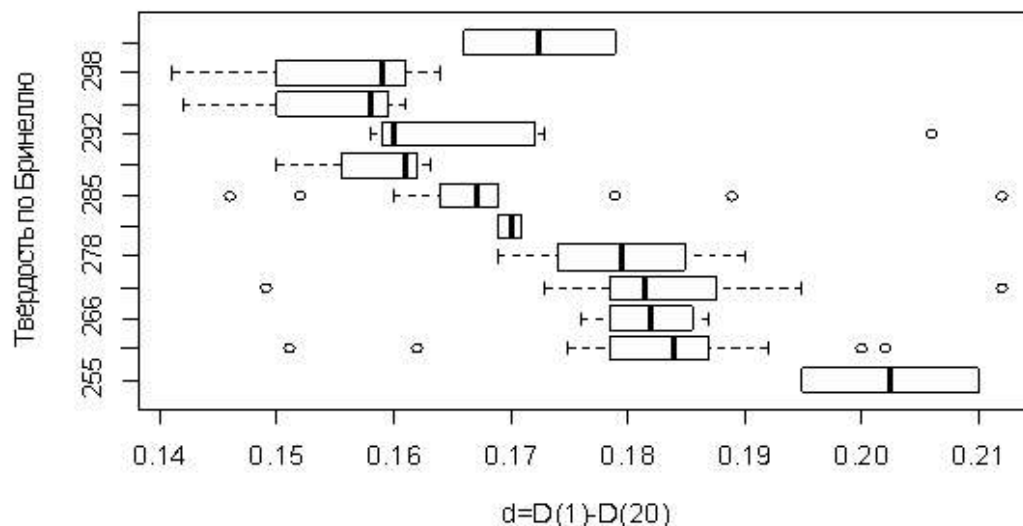


Рисунок 3 – Распределение мультифрактального параметра (оценка однородности) по значениям твёрдости. Прямоугольник показывает интерквартильный размах (IQR), вертикальная линия внутри прямоугольника – медиана, «усы» - точки, удалённые на полтора IQR. Отдельными точками показаны выбросы

Анализ распределений mf-параметра в группах позволил локализовать 12 выбросов, что составляет 12,5% от объёма исследуемой выборки. Наличие таких отклонений от основной массы измерений в отдельных случаях объясняются нечёткостью соответствующих им снимков или присутствию артефактов на поверхности микрошлифа. Полное же объяснение всех выбросов требует дополнительных исследований. Тем не менее, в данной работе все заключения о поведении mf-параметра сделаны, основываясь на выборке без учёта выбросов, которая приведена на рисунке 4.6. Поведение mf-параметра, соответствующее диапазону твёрдости 255 – 298 (HB), можно описать линейной зависимостью. Коэффициент корреляции Пирсона между исследуемыми параметрами составляет $-0,84$, 95%-доверительный интервал $[-0.89, -0.76]$, что и подтверждает линейность зависимости между mf-параметром и твёрдостью. Это позволяет прогнозировать твёрдость стали в диапазоне 255 – 298 (HB), измеряя mf-параметр по цифровому изображению микрошлифа.

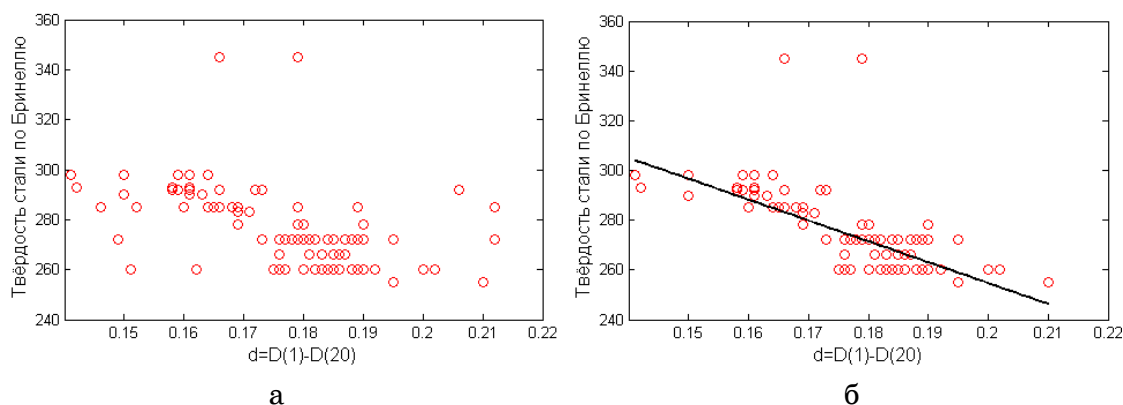


Рисунок 4 – Зависимость твёрдости образца микрошлифа от оценки однородности изображения его поверхности: а – исходная выборка, б – значения после удаления выбросов

Выводы

Для исследуемого набора микрошлифов колёсных сталей была изучена связь между мультифрактальным параметром, характеризующим структуру стали и её важнейшим механическим свойством – твёрдостью. Исследуемая выборка показала наличие линейной зависимости, что подтверждается проведённым корреляционным анализом. Это позволяет прогнозировать, в исследуемом диапазоне, значение твёрдости стали, основываясь только на расчёте мультифрактального параметра (оценки однородности) цифрового изображения микрошлифа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Harte D. Multifractals: theory and applications. – Boca Raton, Florida: Chapman & Hall/CRC, 2001.
2. Иванова В.С. Синергетика. Прочность и разрушение металлических материалов. – М.: Наука, 1992.
3. Помулев В.В. Разработка моделей фрактальных структур металлических материалов: дисс. канд. техн. наук: 01.05.02 / Помулев Валерий Валериевич – Днепропетровск, 2005.
4. Встовский Г.В., Колмаков А.Г., Бунин И.Ж. Введение в мультифрактальную параметризацию структур материалов. Монография. – М.: Ижевск, 2001.
5. 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. 140-148.

6. Михалев А.И., Водолазский Ю.А. Мультифрактальный анализ в задачах оценивания качества медных покрытий // Нові Технології. – 2(12). – Кременчук: КУЕІТУ, 2006. – С. 184-188.
7. Водолазский Ю.А., Михалёв А.И., Лихоузова Т.А. Метод максимум вейвлет преобразования в задачах анализа поверхностей материалов // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 6 (59) . – Дніпропетровськ, 2008. – С. 36-42.
8. Михальов О.І., Водолазський Ю.О. Вейвлет-мультифрактальний аналіз складних зображень // Вісник ВПІ. – Випуск 2. – Вінниця, 2009. – С. 84-87.

ОПТИМАЛЬНЕ УПРАВЛІННЯ БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНОЮ РАДІОЛОКАЦІЙНОЮ СИСТЕМОЮ В РЕЖИМІ НАВЕДЕННЯ

Анотація. Розглянута задача оптимального управління режимом наведення багатофункціональної РЛС. Отримане вирішення визначає закон оптимального керування наведенням літальних апаратів і виміром їхніх координат.

Ключові слова. Радіолокаційна система, летальні апарати, система наведення, алгоритм оптимального управління.

Постановка проблеми

Для наведення керованих літальних апаратів (ЛА) на об'єкт використовують командні системи телеуправління, системи самонаведення і комбіновані системи управління. Управління режимом наведення радіолокаційної системи може бути здійснено тільки для командних систем наведення [1].

Вимірювання поточних координат ЛА і передача команд управління на його борт в командних системах телеуправління здійснюється багатофункціональною радіолокаційною системою (БФ РЛС). При цьому управління ЛА визначається відповідно до вибраного методу наведення, причому команди управління посилаються на апарат кожного разу під час сеансу зв'язку з ним. При цьому частота проведення (кількість за одиницю часу) сеансів зв'язку зазвичай вибирається стаціонарною [2]. Отже, якщо апарат знаходиться на розрахунковій (кінематичною) траєкторії, то, згідно даному алгоритму управління, БФ РЛС продовжуватиме вимірювання координат ЛА і передачу команд управління на його борт з тією ж частотою, що і в будь-якій іншій ситуації. Ця частота не залежить від якості управління апаратом, тобто від величини помилок наведення, що приводить до підвищеної витрати енергетичних ресурсів РЛС (під якими розумітимемо число звернень до апарату за одиницю часу), не поліпшуючому, проте, точність наведення ЛА на об'єкт.

Отже, задача оптимального управління ЛА, що наводяться, а також радіолокаційними спостереженнями за їх координатами в ре-

жимі наведення є актуальною і вимагає відповідного вирішення.

Аналіз публікацій

Питанням оптимізації процесу функціонування БФ РЛС в режимах виявлення, супроводження і наведення об'єктів присвячено ряд робіт [3 - 5]. У цих роботах обґрунтовані показники ефективності функціонування при реалізації кожного з режимів роботи БФ РЛС окремо, або при поєднанні двох режимів. У них досліджуються алгоритми управління режимом наведення, проте розглянуті лише спеціалізовані РЛС. Сучасні ж тенденції розвитку радіолокаційної техніки вдають найбільшу перспективність використання БФ РЛС для комплексного вирішення завдань супроводження і наведення. Подібна проблема доки досліджена недостатньо.

Мета статті

Необхідно розробити метод управління режимом наведення БФ РЛС, який дозволить понизити кількість команд управління при збереженні необхідної точності наведення і, тим самим, звеличить пропускну спроможність у даному режимі.

Виклад основного матеріалу

Розробка методу оптимального управління

Розглянемо процес наведення ЛА на об'єкт, рухомий по детермінованій траєкторії.

Вважатимемо, що траєкторія руху ЛА описується поліномом відомого ступеня, а модель наведення ЛА на ціль в загальному вигляді можна представити [6,7] у вигляді управляної послідовності пари випадкових векторів θ_t і φ_t , задовольняючій наступній системі рекурентних рівнянь:

$$\theta_{t+1} = \Phi_t \theta_t + C_t u(t), \quad (1)$$

$$\varphi_{t+1} = v(t) \theta_t, \quad t = 0, 1, \dots, T, \quad (2)$$

где θ_t - спостережений вектор параметрів траєкторії ЛА в t -ий момент часу;

φ_t - вектор вимірюваних за допомогою БФ РЛС координат ЛА в t -ий момент часу;

$u(t)$ - вектор управляних дій, що необхідні для компенсації відхилення поточних значень параметрів траєкторії ЛА від їх необхідних величин, визначуваних прийнятим методом наведення;

$v(t)$ - оператор відповідності, що встановлює зв'язок між спостережуваними координатами і оцінюваними параметрами, і крім того враховує, чи проводяться в даний момент часу вимірювання чи ні;

Φ_t - матриця екстраполяції;

C_t - матриця, що визначає зв'язок між параметрами траєкторії ЛА та управляльними діями.

Дана задача є задачею управління за неповними даними та характеризується тим, що інформація про поточний стан системи доставляється за допомогою непрямих вимірювань, здійснюваних до того ж з помилками. Іншими словами, стороні, що управляє, не відомий точно вектор θ_t але він може бути виміряний з помилками. Таким чином, початкову задачу управління можна звести до двох задач: задаче спостереження і задаче управління. У задачі спостереження необхідно оптимально в деякому розумінні оцінити певні параметри траєкторії ЛА, а в задачі управління деяким найкращим чином вплинути на значення цих параметрів [6, 7].

Якість вирішення цих задач, тобто якість управління наведенням ЛА можна оцінити показником якості вигляду [6]:

$$J = M \left\{ \theta_1^* G(T) \theta_T + \sum_{k=0}^{T-1} \left[\theta_k^* g(t) \theta_k + u^*(t) Q(t) u(t) + F(t, v(t)) \right] \right\} \rightarrow \min \quad (3)$$

де $G(T)$, $g(t)$, $Q(t)$ - відомі симетричні матриці;

$F(\circ)$ - деяка ненегативна скалярна функція;

символ “ $M\{\circ\}$ ” означає операцію математичного сподівання, а знак “ $*$ ” - операцію транспонування.

Вираз (3) може бути перетворено до наступного вигляду:

$$J = Sp \left[G(T) \Omega(T) \right] + \sum_{k=0}^{T-1} Sp \left[g(t) \omega(t) \right] + \sum_{k=0}^{T-1} \left[u^*(t) Q(t) u(t) + F(t, v(t)) \right] \rightarrow \min \quad (4)$$

де $\Omega(T)$ і $\omega(t)$ - кореляційні матриці помилок оцінювання параметрів траєкторії ЛА, що наводиться, у момент часу T і t відповідно.

У функціоналі (4) перший доданок характеризує, згідно [2, 6], якість оцінювання параметрів траєкторії ЛА в точці зустрічі з об'єктом (помилку оцінки миттєвого промаху в точці зустрічі). Другий доданок характеризує якість оцінювання параметрів траєкторії апарату, що наводиться, в кожен момент часу t . Останній доданок дозволяє врахувати сумарні витрати енергетичних ресурсів БФ РЛС на управління польотом ЛА і проведення спостережень за його траєкторією.

У сформульованій задачі матриця $\omega(t)$ не залежить явно від значення вектора управління апаратом $u(t)$. У роботі [6] показано, що в цьому випадку рішення задачі оптимізації управління ЛА і процесом спостереження можна отримати з урахуванням того, що управління спостереженнями $v(t)$ за координатами ЛА, рухомого по відомій траєкторії, може бути розраховано наперед. В цьому випадку для кожного допустимого управління спостереженнями $v(t)$ можна знайти оптимальне управління $\tilde{u}(t)$ таке, що $J(\tilde{u}, v) \leq J(u, v)$.

Це управління може бути визначене методом динамічного програмування.

Відповідне функціоналу (4) рівняння Беллмана можна записати у наступному вигляді:

$$R(t, x) = \min_{u \in U} \left\{ x^* g(t) x + Sp \left[g^{1/2}(t) \omega_t g^{1/2}(t) \right] + \right. \\ \left. + u(t)^* Q(t) u(t) + M \left[R((t+1), \theta_t) / \theta_t = u(t) \right] \right\}, \quad 0 \leq t \leq T-1, \quad (5)$$

з краєвою умовою $R(T, x) = x^* G(T) x + Sp \left[G^{1/2}(T) \omega(T) G^{1/2}(T) \right]$.

У роботі [6] доведено, що оптимальне управління $\tilde{u}(t)$ є лінійною функцією умовного середнього значення вектора оцінок значень параметрів траєкторії ЛА $\hat{\theta}_t^0$. При цьому, оптимальне значення функціонала $J(\tilde{u}(t))$ рівно $M\{R(0, \hat{\theta}_t^0)\}$.

В цьому випадку оптимальне управління $\tilde{u}(t)$ визначається з умови мінімізації квадратичної форми

$$\tilde{u}(t) = u(t)^* [Q(t) + C_t^* p(t+1) C_t]^{-1} + 2u(t)^* C_t^* p(t+1) \Phi(t) \hat{\theta}_t^0 \rightarrow \min,$$

де $\hat{\theta}_t$ - вектор оцінок значень параметрів траєкторії ЛА, отриманий при вирішенні задачі управління спостереженнями за ним.

Розв'язанням задачі управління польотом апарату в такій постановці є вираз для розрахунку оптимального управління польотом ЛА вигляду

$$\tilde{y}(t) = -[Q(t) + C_t^* p(t+1) C_t]^{-1} C_t^* p(t+1) \Phi_t \hat{\theta}_t \quad (6)$$

де матриці $p(t)$ і $\rho(t)$ при цьому повинні задовольняти наступним рекурентним рівнянням:

$$p(t) = g(t) + \Phi_t^* p(t+1) \Phi_t - \Phi_t p(t+1) C_t^* \times [Q(t) + C_t^* p(t+1) C_t]^{-1} C_t^* p(t+1) \Phi_t, \quad (7)$$

$$\rho(t) = \rho(t+1) + Sp[p^{1/2}(t+1) D(t+1) D(t+1)^* p^{1/2}(t+1)] + Sp[g^{1/2}(t) \omega(t) g^{1/2}(t)], \quad (8)$$

де $D(t) = v(t)[1 + \omega(t)]$.

Рівняння (7), (8) вирішуються з крайовими умовами:

$$p(T) = G(T),$$

$$\rho(t) = Sp[G^{1/2}(T) \omega(t) G^{1/2}(T)^*],$$

причому також як $v(t)$, матриці $p(t)$ і $\rho(t)$ залежать тільки від функції дискретного часу і можуть бути обчислені наперед.

Результати моделювання

На підставі розробленого методу управління радіолокаційними спостереженнями БФ РЛС в режимі наведення був розроблений алгоритм, що реалізовує цей метод.

Результати оцінки збільшення пропускної спроможності БФ РЛС H_p при використанні розробленого алгоритму для різної необхідної точності наведення σ_{mp}^2 і різній кількості N ЛА, що наводяться, приведені на рис.1.

Математичне моделювання показало, що використання розробленого алгоритму дозволяє понизити енергетичні витрати (тобто кількість команд на одиницю часу) на наведення кожного літального апарату, і збільшити тим самим пропускну спроможність БФ РЛС в цілому на 9-15%.

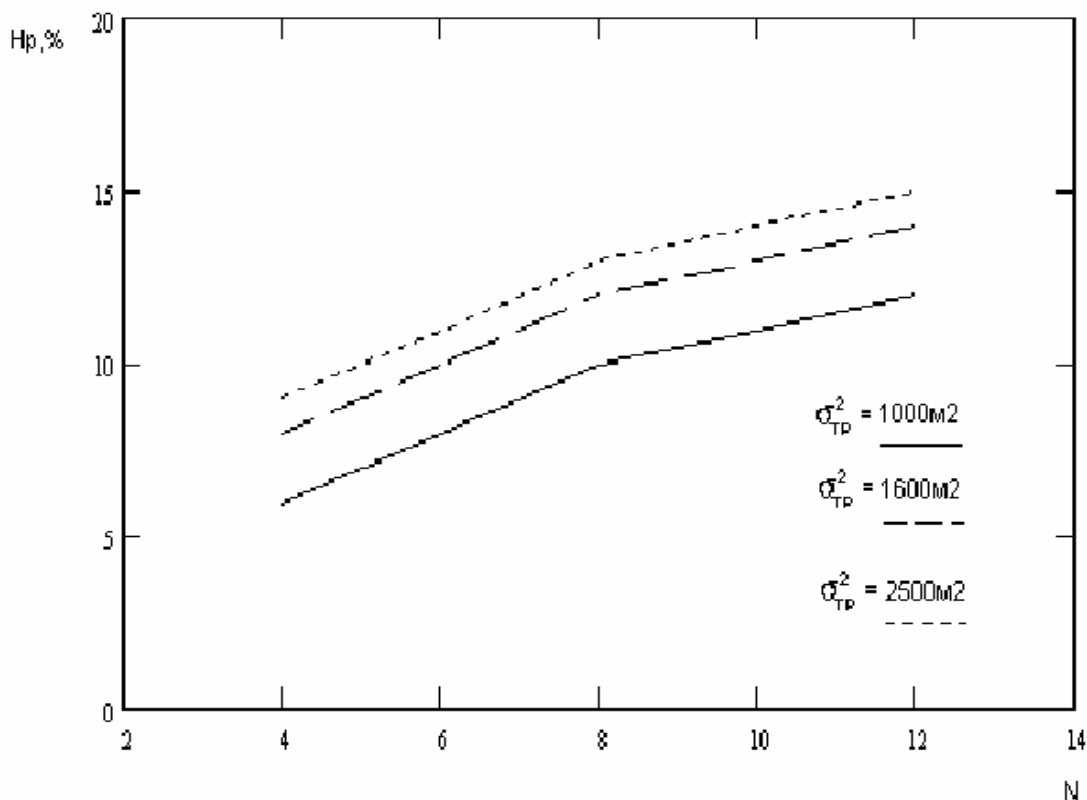


Рисунок 1 – Залежність відносного збільшення пропускної спроможності БФ РЛС H_p при використанні оптимального алгоритму управління режимом наведення від необхідної точності наведення σ_{tr}^2 і кількості апаратів N , що наводяться

Висновок

В результаті виконаної роботи розроблені метод і алгоритм оптимального управління БФ РЛС в режимі наведення, який дозволяє значно підвищити пропускну спроможність РЛС при збереженні необхідних помилкових характеристик наведення.

ЛІТЕРАТУРА

1. Неупокоев Ф.К. Стрельба зенитними ракетами. – М.: Воениздат, 1991. – 294 с.
2. Малышев В.В., Красильщиков М.Н., Карлов В.И. Оптимизация наблюдения и управления летательных аппаратов. – М.: Машиностроение, 1989. – 312 с.

3. Гришин И.Ю., Можар М.К., Решетник В.М. Проблемы управления зенитными ракетными комплексами // Наука і оборона, - 1994, вип. 3, с. 27-32.
4. Пискунов СП. Оптимальное распределение энергетических ресурсов многофункциональной РЛС между функциональными режимами // Автоматизированные системы управления и приборы автоматики. - Х.: ХГТУРЭ, 1998. - Вып. 107. - С. 42-45.
5. Пискунов С.Н. В.М. Решетник Оптимизация процесса управления наблюдениями при обнаружении воздушных целей в многофункциональной радиолокационной станции // Радиоэлектроника и информатика. -Х: ХГТУРЭ, 1998. -№1.- С. 82-84.
6. Григорьев Ф.Н., Кузнецов Н.А., Серебровский А.П. Управление наблюдениями в автоматических системах. – М.: Наука, 1986– 215 с.
7. Черноусько Ф.Л., Колмановский В.Б. Оптимальное управление при случайных возмущениях. – М.:Наука, 1978. – 352 с.

В.В. Зиновкин, Э.М. Кулинич

**МОДЕЛИРОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО
УПРАВЛЕНИЯ ДВУХКОМПОНЕНТНЫМ
ДОЗИРОВАНИЕМ МНОГОПАРАМЕТРИЧЕСКОГО
ПРОЦЕССА ПРИГОТОВЛЕНИЯ ГАЗОБЕТОНА**

Аннотация. Предложены математическая и компьютерная модели системы автоматизированного управления двухкомпонентным дозированием многопараметрического процесса приготовления газобетона. Проведено моделирование двухкомпонентного процесса дозирования сухих составляющих газобетона.

Ключевые слова. Газобетон, двухкомпонентное дозирование, математическая модель, компьютерная модель.

Введение

Технологические линии производства газобетонов, как объект автоматизированного управления, являются многомерным, стохастическим, с линейными и нелинейными взаимосвязями между параметрами различной физической природы. Для повышения эффективности работы такой линии используется интегральный критерий оптимальности системы автоматизированного управления. Его сущность состоит в том, что управление осуществляется по трем обобщённым параметрам. Каждый такой параметр состоит из совокупности сигналов одноименной физической природы и их соответствующего количества [1,2]. Такой методологический подход использовался в системе многопараметрического автоматизированного управления однокомпонентного дозирования технологической линии приготовления газобетона [3,4]. Для достижения более эффективного управления многокомпонентным технологическим процессом приготовления газобетонов необходимо учитывать не только однокомпонентное дозирование, но и многокомпонентное. Несогласованность между каналами управления процессом дозирования может привести к снижению эффективности техпроцесса, несоблюдению качества выпускаемой продукции и аварийным ситуациям. Поэтому необходимо исследовать влияние различных режимов на динамику процесса дозирования.

Целью настоящей работы является разработка математической

и компьютерной моделей системы автоматизированного управления двухкомпонентным дозированием многопараметрического процесса приготовления газобетона.

Математическая модель эффективного управления технологическим процессом приготовления газобетона должна удовлетворять условиям оптимального сочетания совокупности параметров, участвующих в управлении этим техпроцессом. При этом обобщенный критерий оптимальности должен удовлетворять следующему интегральному функционалу [2]:

$$\xi(x, t) = \int_{t_1}^{t_2} \zeta(x, t) \cdot q(\tilde{o}, t) \cdot \rho(\tilde{o}, t) dt, \quad (1)$$

где $\zeta(x, t) = \sum_{i=1}^N \alpha_i(t)$ - совокупность сигналов управления;

$q(\tilde{o}, t) = \sum_{j=1}^M \gamma_j(t)$ - контролируемые параметры;

$\rho(\tilde{o}, t) = \sum_{k=1}^K \chi_k(t)$ - совокупность сигналов состояния исполни-

тельных механизмов;

$\tilde{o}$ - параметр, зависящий от состояния техпроцесса.

Оптимизационный программно-аналитический поиск наиболее эффективного управления технологической линии приготовления газобетона отыскиваем по трём обобщённым параметрам. Такими обобщёнными параметрами является непосредственно управляющие воздействия на соответствующие исполнительные механизмы, сигналы, характеризующие состояние технологического процесса и оборудования (контролирующие параметры), а также совокупность сигналов от исполнительных механизмов. Эффективность достижения оптимального управления зависит от степени согласованности соответствующих параметров, точностных характеристик датчиков, инерционности электроприводов.

Применительно к решаемой задаче необходимым условием является использование текущей информации о динамике наполнения дозатора сухими компонентами газобетонных смесей. Оценка количест-

ва сухих компонент смеси в дозаторе осуществляется по весовым показателям.

При производстве газобетонов используется способ весового дозирования сухих (известковое вяжущее, гипс и цемент, зола уноса, сухие добавки) компонент газобетонных смесей. Они подаются в дозатор при помощи шнековых питателей. На практике используется процесс либо многокомпонентного дозирования (в один общий дозатор несколько компонент), либо однокомпонентного дозирования (в отдельный дозатор один компонент). На рис.1 показан внешний вид, расположение исполнительных механизмов, а также каналы управления и сбора информации двухкомпонентного дозатора. Для измерения веса используются тензометрические датчики (далее тензодатчики (см. поз.7 на рис.1)). Здесь приняты следующие обозначения основных элементов системы техпроцесса: (1,2)- шнековые питатели; (3,4)- асинхронные электродвигатели; (5)-входные двухпозиционные поворотные заслонки; (6)- емкость дозатора; (7)- тензометрические датчики с узлами встройки; (8)- выходная поворотная заслонка; (9)- программируемый логический контроллер управления (далее ПЛК); (10)- частотный преобразователь; (11)- устройство операторного контроля.

Компоненты дозируются поочерёдно: например, сначала известковое вяжущее, затем цемент. Каждый компонент дозируется соответствующим шнековым питателем из расходной емкости. Они образуют один канал потока компонентов газобетонной смеси.

Структурно-логическая схема двухкомпонентного дозатора технологического процесса приготовления газобетона показана на рис.2. Она разработана согласно математической модели управления электроприводом однокомпонентного дозатора [4]. На рис.2 приведены уточнённые структурно-логические схемы моделей ПЛК и двухкомпонентного дозатора технологической линии приготовления газобетона. На рис.2 показаны последовательность преобразований физической переменной потока компонентов газобетонной смеси в вес компонентов в дозаторе и суммарного веса дозатора в сигнал обратной связи, который поступает, для дальнейшего анализа, в блок ПЛК.

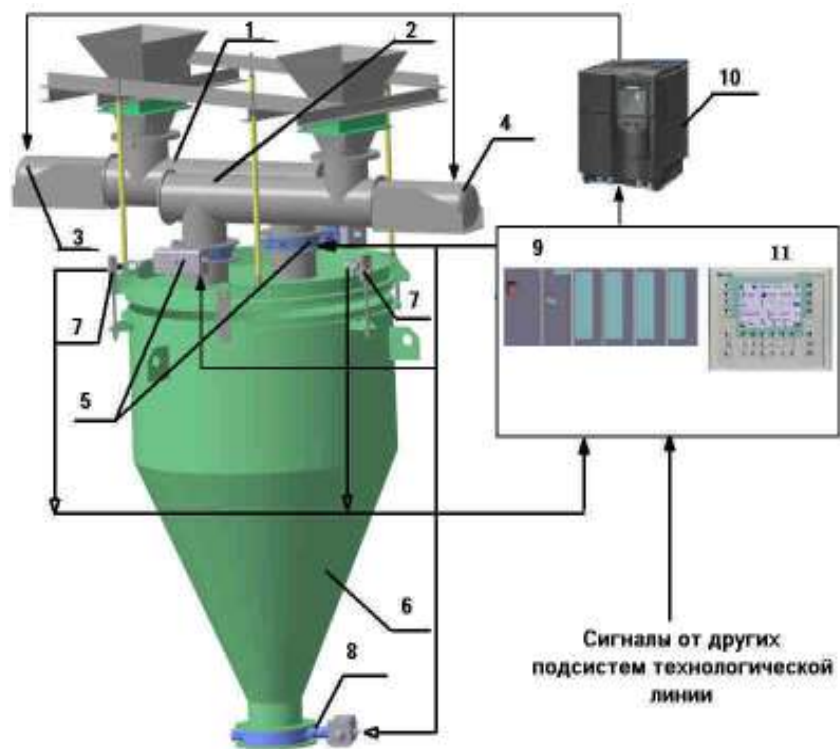


Рис. 1. Общий вид двухкомпонентного дозатора сухих технологической линии приготовления газобетона и взаимосвязей с ПЛК многопараметрической системы управления.

На рис.2 приняты следующие обозначения: «ПЛК»- программируемый логический контроллер осуществляет анализ технологической информации с учетом обратных связей (в частности, сигналов о суммарном весе дозатора) и формирует сигналы оптимального, для данного временного интервала, управления режимами работы исполнительных механизмов.

«ПЧ»- преобразователь частоты описывает функции частотного преобразователя, связанные с влиянием настроек параметров преобразователя частоты на выходной сигнал силовой части этого преобразователя; «Шнеки» - отображают зависимость производительности шнекового питателя от частоты на выходе частотного преобразователя; «Бункера» формируют сигнал потока дозируемого компонента из расходной емкости (бункера) на основании производительности шнекового питателя, состояния двухпозиционной заслонки на выходе технологического расходного бункера и плотности дозируемого компонента; «Дозатор» интегрирует поступающие потоки дозируемых

компонентов и формирует сигнал обратной связи $U_{\text{нн}}(t)$, пропорциональный суммарной массе компонентов в дозаторе.

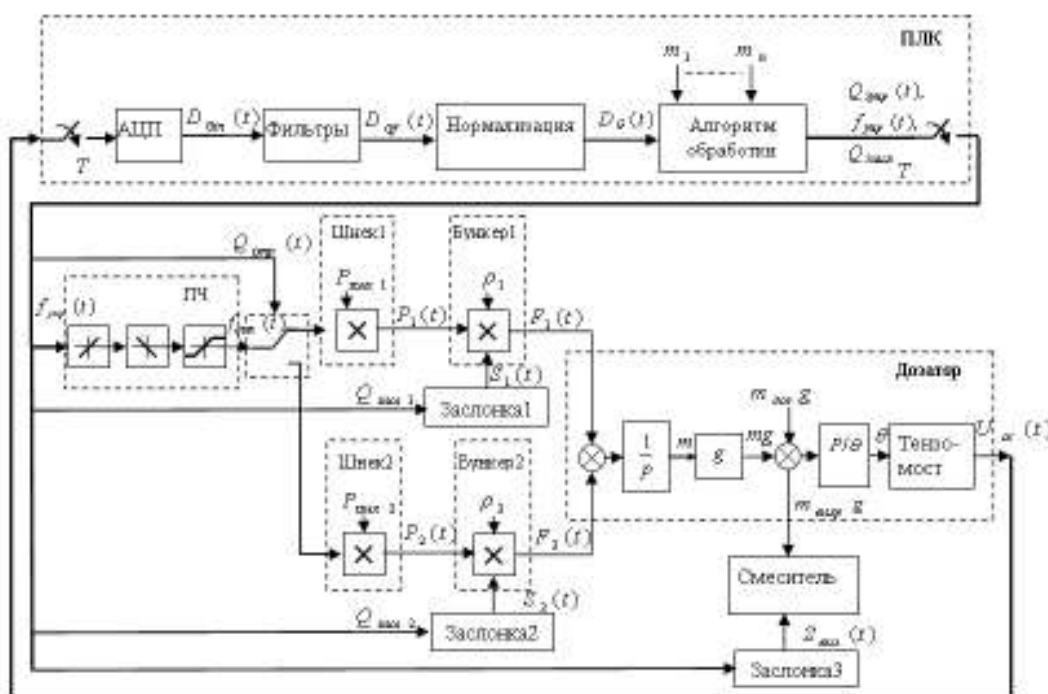


Рис. 2. Структурно-логическая схема математической модели двухкомпонентного дозирования технологической линии приготовления газобетона

В этой схеме учитываются два обобщённых параметра: совокупности управляющих и контролирующих параметров. В блоке ПЛК, анализируется соответствие текущей информации, соответствующей заданию на дозирование компонент $m_1, \dots, m_n$ и значения текущего веса компонентов в дозаторе $D_G(t)$. По оценке рассогласования производится отработка алгоритма оптимального дозирования. При этом учитываются как предписанные значения заданий, так и контролируемые параметры и сигналы исполнительных механизмов. На основании результирующей информации осуществляется анализ состояний блокирующих узлов. В результате отработки текущего программного цикла алгоритма дозирования ПЛК выдаёт сигналы управления на соответствующие исполнительные механизмы. Это аналоговые сигналы $f_{\text{оп}}(t)$, которые поступают на преобразователь частоты и дискретные сигналы для управления контакторами электроприводов шнековых питателей $Q_{\text{оп}}(t)$, электропневмоклапа-

нами заслонок $Q_{\text{засл}}(t)$. Эти сигналы приводят к изменению состояния исполнительных механизмов. Состояние соответствующих шнековых питателей оценивается производительностью $P_i(t)$, а заслонок – площадью открытия $S_i(t)$, характеризующей её пропускную способность. Сигналы обратной связи, характеризующие изменения состояния исполнительных механизмов, входят в совокупность параметров исполнительных механизмов. Изменение состояния исполнительных механизмов приводит к изменению потока компонентов газобетонной смеси $F(t)$, поступающих в дозатор. Он состоит из потока компонентов газобетонной смеси, исходящего только из соответствующей расходной емкости, содержащей компоненты с определённой плотностью.

В блоке «Дозатор» интегрируются сигналы потоков компонент газобетонной смеси.

$$G(t) = G_{\text{засл}} + \sum_{i=1}^2 \int_{t_1}^{t_2} P_i(t, q) \cdot F_i(t, q) dt - \int_{t_1}^{t_2} F_{\text{засл}}(t, q) dt =$$

$$= m_{\text{засл}} \cdot g + \sum_{i=1}^2 m_i(t) \cdot g - m_{\text{засл}} \cdot g,$$
(3)

где q - параметр, характеризующий особенности системы управления, использующихся управляющих и исполнительных устройств и механизмов, i - определяется количеством дозируемых компонентов в один дозатор, $P_i(t)$ - производительность соответствующего шнекового питателя, зависящая от его наибольшей производительности - $P_{i\text{max}}$ и от $f_{\text{засл}}(t)$ - частоты на выходе преобразователя частоты

$$P_i(t, q) = P_{i\text{max}} \cdot f_{\text{засл}}(t) \cdot Q_{\text{засл}}(t),$$
(4)

а $F_i(t, q)$ - поток соответствующего компонента, зависящий от пропускной способности заслонки, пропорциональной площади открытия заслонки - $S(t, q)$ и плотности дозируемого компонента - ρ_i

$$F_i(t, q) = S_i(t, q) \cdot \rho_i \cdot Q_{\text{засл}}(t).$$
(5)

Масса компонента в дозаторе m плюс масса пустого дозатора $m_{\text{д}}$ создают усилие P , пропорциональное весу дозатора с компонентами газобетонной смеси $G(t)$. Под воздействием этого усилия происходит деформация $\theta(t)$ механической части системы тензодатчиков.

$$\theta(t) = \alpha \cdot G(t), \quad (6)$$

где α - коэффициент, зависящий от материала и формы тензодатчиков, а также конструкции узла встройки и погрешности сопряжения тензодатчиков и емкости дозатора. Для каждого датчика даётся паспортные данные. Основным параметром тензодатчика является его чувствительность к деформации (растяжению), характеризуемая тензорезистивным коэффициентом GF , который определяется как отношение относительного изменения сопротивления тензодатчика к его относительному удлинению:

$$GF = \frac{\Delta R / R_0}{\theta_0}. \quad (7)$$

Изменение деформации тензодатчиков ведёт к изменению активного сопротивления тензорезисторного моста. При этом изменяется выходное напряжение каждого из тензодатчиков. Тогда из (7) получаем абсолютное изменение сопротивления тензодатчика:

$$\Delta R(t) = R_0 \cdot GF \cdot \theta(t). \quad (8)$$

Тогда при приложенном напряжении питания U_{ex} сигнал на выходе j -го тензодатчика будет равен:

$$U_j(t) = k_0 \cdot GF \cdot \theta(t) \cdot U_{ex}, \quad (9)$$

где k_0 - зависит от способа организации измерительного моста тензодатчика, j - количество тензодатчиков на дозатор.

Сигналы со всех тензодатчиков дозатора суммируются и усредняются в соединительной коробке с получением результирующего сигнала (для случая 3 датчика на дозатор)

$$U_{\hat{m}}(t) = \frac{\sum_{j=1}^3 U_j(t)}{3}, \quad (10)$$

пропорционального массе в дозатора. Этот сигнал является сигналом обратной связи для ПЛК.

Сигнал обратной связи $U_{\hat{m}}(t)$ заходит в ПЛК через блок аналого-цифрового преобразователя (АЦП). Выборка АЦП производится частотой с периодом равным периоду T программного цикла опроса ПЛК. На структурной схеме процесс квантования по времени представлен квантователем с периодом T . Далее оцифрованный входной сигнал обратной связи $D_{Gin}(t)$ проходит через систему фильтров. Система фильтрации состоит из двух последовательно соединённых фильтров: фильтра среднего значения с глубиной до 250 измерений и цифрового фильтра (критического демпфирования, фильтр Баттерворта или фильтр Бесселя) с частотой среза f_g от 0,05 до 20 Гц. Блок нормализации приводит отфильтрованное значение веса дозатора $D_{Gf}(t)$ к форме представления значения веса $D_G(t)$, удобной для обработки программой управления в ПЛК.

Компьютерная модель многопараметрической системы дозирования, основанная на математических моделях [1,2], была построена в редакторе Simulink пакета Matlab. При этом работа ПЛК была смулирована в связке пакетов фирмы Siemens: PlcSim, Step-7 и WinCC Flexible. Реализация компьютерной модели дозатора технологической линии приготовления газобетона для дозирования двух компонент, основанная на структурно-логической схеме рис.2, показана на рис.3.

Она построена в редакторе Simulink пакета Matlab. В данной модели описывается изменения потока компонентов газобетонной смеси и контролируемого параметра веса дозатора $G(t)$ в функции управляющих параметров системы управления, определяемых программой управления ПЛК. Работа ПЛК смулирована в связке пакетов фирмы Siemens: PlcSim, Step-7 и WinCC Flexible.

Данная схема позволяет моделировать динамические режимы системы управления и техпроцесса. На ней отработаны режимы при

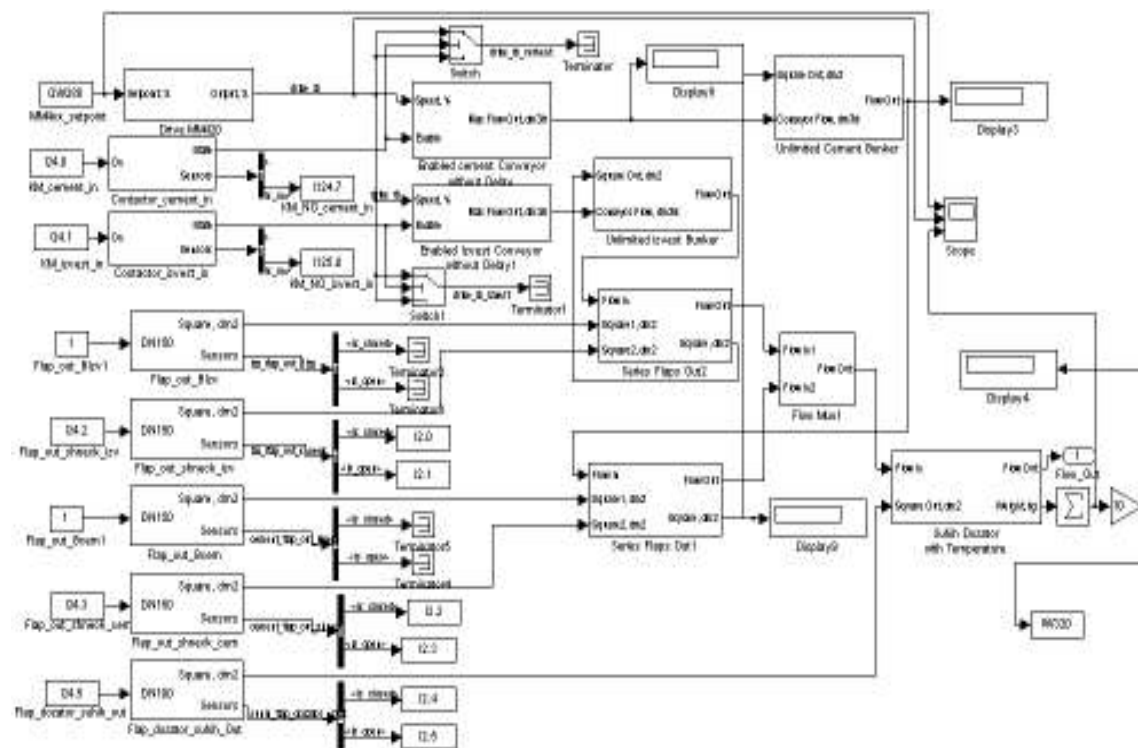


Рис. 3. Структурно-логическая схема компьютерной модели двухкомпонентного дозатора газобетонной смеси технологической линии приготовления газобетона

Результаты моделирования показаны на рис.4, где а) $f_{\text{d}i\text{o}}(t)$ - сигнал управления от контроллера с выхода ЦАП (цифро-аналоговый преобразователь) через аналоговый вход преобразователя частоты (на рис.3 этот сигнал подается с входа контроллера QW288); б) $f_{\text{a}i\text{o}}(t)$ - сигнал управления электроприводами шнеков, подаваемый через контактор с входа частотного преобразователя; г) $G(t)$ - текущее значение веса дозатора (на рис.3 этот сигнал подается на вход контроллера IW320).

Сигнал $G(t)$ представляет собой результат симуляции суммарного сигнала тензодатчика в блоке Дозатор, квантователя, АЦП, фильтров и нормализации в блоке ПЛК, показанных на структурной схеме на рис.2. В процессе моделирования, путем изменения сигналов управления ПЛК, осуществлялось грубое и точное регулирование дозирования компонент.

Сопоставительный анализ результатов исследований показал, что при изменении режимов дозирования выходная частота ПЧ находится в границах нормированных параметров. При этом весовые показатели сухих компонент в дозаторе изменяются с задержкой до 0,5с относительно подачи $f_{oi\ddot{o}}(t)$. Частота выходного сигнала ПЧ (рис.4.б) возрастает до заданного значения значительно быстрее по сравнению с изменением весового показателя (рис.4в). Это поясняется инерционностью управляющих устройств и исполнительных механизмов, а также особенностями протекания техпроцесса. После стабилизации электрических режимов электропривода процесс заполнения дозатора сухими компонентами смеси газобетона возрастает по линейному закону до момента наполнения. После отключения электродвигателей в течение приблизительно 1с имеет место стабилизация веса дозатора, сопровождаемая некоторым перерегулированием значения веса, которое стабилизируется на меньшем значении. Это соответствует реальной картине набора, т.к. по окончании набора еще действует кинетическая энергия падающего в дозатор компонента смеси. Кроме того плотность цемента выше плотности известкового вяжущего, поэтому эти перерегулирования более выражены на этапе дозирования цемента. Эти перерегулирования носят систематический характер и зависят от плотности материалов, высоты падения и равномерности потока дозируемого материала. Снижение влияния перерегулирования на точность дозирования производится программным путём с помощью введения самонастраивающейся системы коррекции упреждения работы исполнительных механизмов. Работа этой системы также промоделирована в этой работе. Как видно на рис.4в, промоделированная система дозирования обеспечила отработку задания (набор 100 кг известкового вяжущего , а затем 80 кг цемента) с точностью до 1%. Приведённые результаты согласуются с экспериментальными данными с достаточной для инженерных задач точностью.

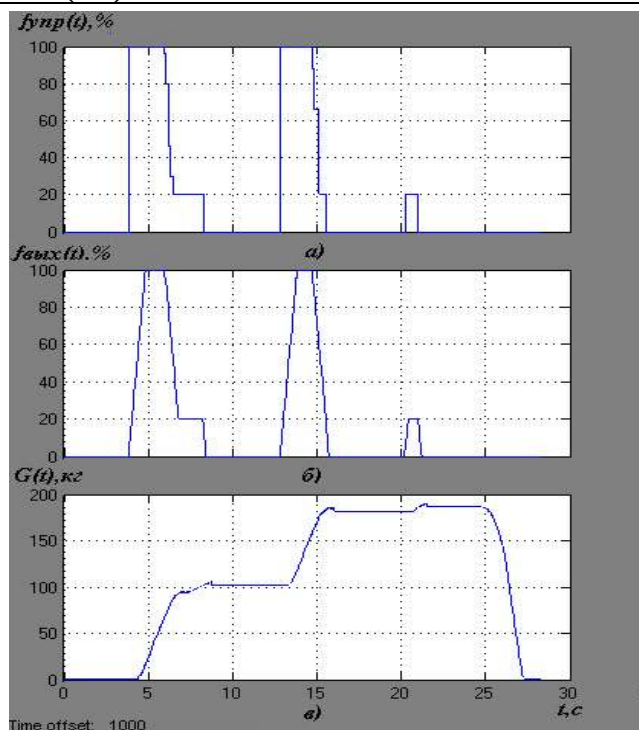


Рис.4 Результаты моделирования динамических режимов дозатора

Выводы

1. Разработаны математическая и компьютерная модели автоматизированного управления двухкомпонентным дозированием составляющих газобетонных смесей многопараметрической технологической линии приготовления газобетона.

2. Двухкомпонентный процесс дозирования известкового вяжущего и цемента, смоделированный в среде Simulink пакета Matlab совместно с симуляцией работы системы управления на базе ПЛК в связке пакетов фирмы Siemens: PlcSim, Step-7 и WinCC Flexible, показал принципиальную возможность и пути повышения эффективности технологической линии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зиновкин В.В. Многопараметрическая система автоматизированного управления технологическим процессом приготовления газобетона / Зиновкин В.В., Кулинич Э.М. // Східно-Європейський журнал передових технологій. - 2009.- №3/3(39).- С. 38-43.
2. Зиновкин В. В. Многокритериальная автоматизированная система управления технологическим процессом приготовления газобетона / В. В. Зиновкин , Э. М. Кулинич // ISDMCI-2009 : міжнар. конф., 19-22 травня 2009 р. : тези докл. -Євпаторія, 2009. - Т. 2. - С. 608-611.
3. Зиновкин В. В. Моделирование процесса утилизации отходов в технологии производства газобетона / В. В. Зиновкин , Э.М. Кулинич // Стратегія якості у промисловості і освіті : міжнар. конф., 6-13 червня 2009р.: тези докл. - Варна, Болгарія, 2009. - Т. 2. - С. 176-179.
4. Зиновкин В.В. Моделирование автоматизированного электропривода дозатора технологической линии приготовления газобетона / Зиновкин В.В., Кулинич Э.М. // Електротехніка та електроенергетика.- 2009. - №2.- С. 49-53.

ОЦЕНКА СТЕПЕНИ СОГЛАСОВАННОСТИ МНЕНИЙ ЭКСПЕРТОВ ПРИ КОЛЛЕКТИВНОМ ПРИНЯТИИ РЕШЕНИЙ

Аннотация. Рассмотрена возможность оценки степени согласованности мнений экспертов с использованием коэффициента конкордации Кенделла – Б. Смита при коллективном принятии решений.

Ключевые слова. Экспертные оценки, коэффициент конкордации Кенделла, коллективные методы принятия решений.

Введение.

При решении задач организации современного производства и экономического анализа необходимо учитывать все большее число факторов различной природы, являющихся предметом исследования различных областей знаний. В этих условиях один человек не может принять решение о выборе факторов, влияющих на достижение цели, не может определить существенные взаимосвязи между целями и средствами их достижения. Поэтому в формировании и анализе модели принятия решений должны участвовать коллективы разработчиков, состоящие из специалистов различных областей знаний, между которыми нужно организовать взаимодействие и взаимопонимание. Таким образом, проблема принятия решений становится проблемой коллективного выбора целей, критериев, средств и вариантов достижения цели, то есть проблемой коллективного принятия решения [1].

Анализ последних исследований и публикаций.

В настоящее время все большее внимание уделяется вопросам коллективных методов принятия решений. В литературе [2] они получили название экспертных методов, под которыми в общем жизненном цикле решений понимается комплекс логических и математико-статистических методов и процедур, направленных на получение от специалистов-экспертов информации, необходимой для подготовки и выбора рациональных решений, ее обработки и получения результирующей оценки.

В последние годы коллективные оценки находят широкое применение в социально-политическом и научно техническом прогнозировании.

вании, в разработке крупных научно-технических, экономических и социальных программ.

Разработками в данной области занимались такие ученые как Акофф Р., Эмери Ф., Зигель А.И., Вольф Дж., Коваленко И.И., Петров Э.Г. и многие другие [2-7].

Эти работы направлены на решение круга вопросов, связанных с созданием моделей группового (коллективного) поведения в различных системах, в том числе и с учетом психофизиологических факторов их составляющих.

Изложение основного материала.

Жизненный цикл подготовки принятия и реализации решений управления обобщенно может быть представлен в виде трех фаз, каждая из которых включает ряд последовательных этапов (рис.1).

1. Фаза постановки и диагностики проблемы – формализация задачи, требующей решения.

2. Фаза разработки и принятия решения – поиски и оценка альтернатив по степени достижения или важнейших целей: определение метрики, в которой производится сравнение; оценка прогнозируемого воздействия альтернатив на достижение цели; моделирование последствий реализации альтернатив в условиях возможного изменения самих целей, мероприятий и ограничений; оптимизация и принятие решения – выбор альтернативы, подлежащей решению.

3. Фаза реализации – проведение в жизнь выбранной альтернативы. Контроль и, при необходимости, корректировка и стимулирование.

Каждый из этапов состоит из ряда операций. Например, этап выявления управленческой проблемы фазы «Постановка проблемы» может включать следующие операции: анализ ситуации или объекта по качественным и ресурсным показателям; сравнение эффективности объекта с лучшими образцами (достижениями); определение расхождения показателей анализируемых объектов; анализ литературных источников, требований клиентов; анализ организационно-технического уровня производства; формирование направлений развития и т.п.

При коллективном методе принятия решений в фазу II включается еще ряд дополнительных этапов: формирование коллектива экспертов (экспертной группы); отработка и принятие вида взаимодейст-

вия экспертов (свободный обмен между экспертами, регламентированный обмен, работа экспертов в изолированном режиме); анализ экспертных оценок; выбор метода (методов) анализа экспертных оценок; проверка степени согласованности мнений отдельных экспертов; получение обобщенной оценки.

При оценке объектов исследования, эксперты могут расходиться во мнениях по решаемой проблеме. В связи с этим возникает необходимость количественной оценки степени согласия экспертов. Получение количественной меры согласованности позволяет более обоснованно интерпретировать причины расхождения мнений. Оценка согласованности суждения экспертов основывается на использовании понятия компактности, наглядное представление о котором дает геометрическая интерпретация результатов экспертизы. Оценка каждого эксперта представляется как точка в некотором пространстве, в котором имеется понятие расстояния. Если точки, характеризующие оценки всех экспертов, расположены на небольшом расстоянии друг от друга, т.е. образуют компактную группу, то, очевидно, можно это интерпретировать как хорошую согласованность мнений экспертов. Если же точки в пространстве разбросаны на большие расстояния, т.е. не принадлежат одной области, то согласованность мнений экспертов невысокая. Возможно, что точки - мнения экспертов - расположены в пространстве так, что образуют две или несколько компактных групп. Это означает, что в экспертной группе существуют две или несколько существенно отличающихся точек зрения на оценку объектов исследования. Может быть область точек, не образующих совокупности мнений - размытая область. В этом случае нет общих точек зрения на решаемую проблему. Лицо, принимающее решение (ЛПР), может повторить экспертизу или принять какое-либо решение самостоятельно.

Если объект оценивается несколькими числовыми параметрами, то мнение каждого эксперта представляется как точка в пространстве параметров. Центр группировки точек вычисляется как математическое ожидание вектора параметров, а разброс точек - дисперсией вектора параметров. Различные методы определения согласованности количественных оценок на основе понятия компактности (близости) рассматриваются в теории группировок и распознавания образов [8].

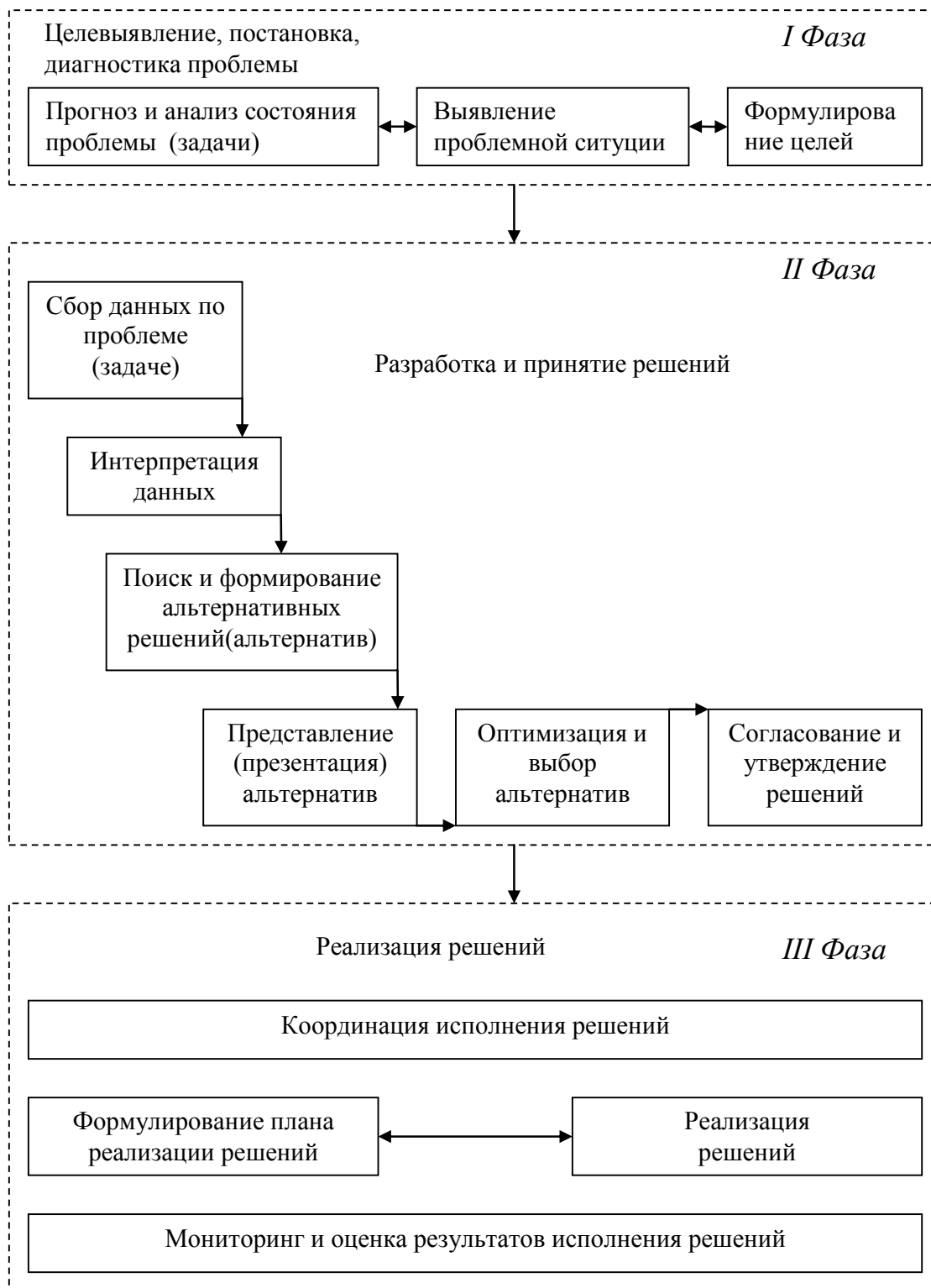


Рис.1. Жизненный цикл подготовки и реализации решений

Для того чтобы оценить согласованность мнений нескольких экспертов при их оценке ряда признаков (или объектов, что имеет зна-

чение при решении задачи ранжирования), можно воспользоваться коэффициентом конкордации Кендалла-Бэбингтона Смита[9-11].

Пусть каждый из m экспертов анализирует одно и то же некоторое множество, состоящие из n объектов. Тогда имеем m последовательностей рангов с равным числом рангов n в каждой последовательности:

$$\begin{array}{l} R_{11} \ R_{12} \dots R_{1j} \dots R_{1n}; \\ R_{21} \ R_{22} \dots R_{2j} \dots R_{2n}; \\ \dots\dots\dots \\ R_{i1} \ R_{i2} \dots R_{ij} \dots R_{in}; \\ \dots\dots\dots \\ R_{m1} \ R_{m2} \dots R_{mj} \dots R_{mn}. \end{array}$$

Здесь R_{ij} - ранг j -го объекта, который присвоен ему i -ым экспертом.

В качестве меры связи выводов m экспертов Кендалл и Б. Смит[9] предложили коэффициент конкордации (согласованности) в виде формулы:

$$W = \frac{12 \cdot S_w}{m^2(n^3 - n)}, \text{ где } S_w = \sum_{j=1}^n \left(\sum_{i=1}^m R_{ij} - \frac{m(n+1)}{2} \right)^2 \quad (1)$$

Легко видеть, что S_w является суммой отклонений рангов от их среднего значения. Коэффициент конкордации W может принимать значения в диапазоне от 0 (что соответствует полному отсутствию статистической связи между оценками, полученными от разных экспертов), до 1 (что сигнализирует о полном совпадении мнений экспертов – совпадении всех m анализируемых ранжировок). То, что W не принимает отрицательных значений (в отличие от коэффициента корреляции), объясняется тем обстоятельством, что противоположность согласованности утрачивается.

Если среди последовательностей рангов есть совпадения, то коэффициент конкордации следует вычислять по формуле:

$$W = \frac{12 \cdot S_w}{m^2(n^3 - n) - m \sum_{j=1}^m T_j}$$

где $T_j = \sum_{i=1}^k (t_i^3 - t_i)$; k -число совпавших (связных, объединенных)

рангов; t_i - количество элементов в i -й связке для j -го эксперта.

Связные ранги возникают в ситуациях, когда той или иной ранжировке наблюдаются факты совпадения мест. Например, пусть в j -й ранжировке три объекта разделили места, 3-е, 4-е и 5-е, а два объекта разделили места 9-е и 10-е. В этом случае объектам, разделившим места, приписывается ранг, равный среднему арифметическому соответствующих мест. Это значит, что в нашем примере трем первым объектам будет присвоен одинаковый ранг $4 = (3 + 4 + 5)/3$, а двум последним объектам ранг $9.5 = (9 + 10)/2$.

Для $n \geq 20$ величины W и S_W распределены приблизительно нормально [12] с параметрами:

$$M(W) = \frac{1}{m}; \quad D(W) = \frac{2(m-1)}{m^3(n-1)};$$

$$M(S_W) = \frac{m(n^3 - n)}{12}; \quad D(S_W) = \frac{m(m-1)(n+1)(n^2 - 1)n^2}{72}.$$

В силу несимметричности распределения W при $n \geq 20$ лучше аппроксимируется бета-распределением [12].

Критические значения $S_W(\alpha)$ (при доверительных вероятностях $\alpha = 0,95$ и $\alpha = 0,99$) для коэффициента конкордации W можно найти в работе [11]. При $n > 10 \div 15$ и отсутствии корреляции величина $m(n-1) \cdot W$ распределена приблизительно как χ^2 с $f = n - 1$ степенями свободы. Отсюда следует, что критическое значение равно:

$$W_\alpha = \frac{\chi_\alpha^2}{m(n-1)}. \quad (2)$$

Если окажется, что $W > W_\alpha$, то с вероятностью α корреляция между изученными последовательностями признается значимой.

Заметим, что если обозначить через $\overline{\rho_S}$ - среднее арифметическое коэффициентов Спирмена [14] по всем $m(m-1)/2$ парам выборок, то коэффициент Кенделла-Б.Смита принимает вид:

$$W = \frac{m-1}{m} \cdot \overline{\rho_S} + \frac{1}{m}.$$

То есть, W и $\overline{\rho_S}$ линейно связаны.

Для случая двух групп экспертов Шукени и Фроли [13] предложили аналог коэффициента конкордации Кенделла – Б. Смита. Пусть две группы экспертов численностями l_1 и l_2 ставят перед собой задачу, проранжировать k объектов. Обозначим через $R_{ij}(i = \overline{1, l_1}; j = \overline{1, k})$ - ранги, предложенные l_1 экспертами первой группы; через $R_{ij}^*(i = \overline{1, l_2}; j = \overline{1, k})$ - ранги, предложенные l_2 экспертами второй группы ($R_j = \sum R_{ij}$ и $R_j^* = \sum R_{ij}^*$). Статистика Шукени-Фроли равна

$$N \cdot (k+2) \leq L = \sum_{j=1}^k R_j \cdot R_j^* \leq N \cdot (2k+1),$$

где $N = \frac{l_1 l_2 k(k+1)}{6}$.

При этом

$$M(L) = \frac{l_1 l_2 \cdot k(k+1)^2}{4}; \quad D(L) = \frac{l_1 l_2 (k-1) \cdot k^2 (k+1)^2}{144}$$

Обобщенный коэффициент конкордации Шукени-Фроли определяется соотношением:

$$\tilde{W} = \frac{L - M(L)}{L_{max} - M(L)}.$$

Если ρ_{ij} - коэффициент корреляции Спирмена [15] для i -го эксперта первой группы и j -го эксперта второй группы, то

$$\tilde{W} = \frac{1}{l_1 \cdot l_2} \cdot \sum_{j=1}^{l_2} \sum_{i=1}^{l_1} \rho_{ij}.$$

Однако предельное распределение коэффициента Шукени-Фроли отлично от нормального и неудобного для применения.

Приведем пример решения задачи по согласованию мнений экспертов. Пусть имеется 7 объектов и коллектив из 3-х экспертов, мнения экспертов различны, данные приведены в таблице 1.

Таблица 1

Оценка суждений экспертов

Объекты	Эксперты		
	Эксперт №1	Эксперт №2	Эксперт №3
1	2	3	1
2	5	3	3
3	7	2	7
4	3	7	5
5	4	5	4
6	3	4	9
7	9	7	8

Матрица рангов, полученная из табл.1, и вычисления, необходимые для определения величины S_W , представлены в табл.2.

Таблица 2

Ранжировка объектов

i	R _{ij}			$\left(\sum_{i=1}^3 R_{ij} - \frac{m(n+1)}{2}\right)^2$
	j			
	1	2	3	
1	1,0	2,5	1,0	(4,5 - 12) ² =56,25
2	5,0	2,5	2,0	(9,5 - 12) ² =6,25
3	6,0	1,0	5,0	(12 - 12) ² =0,00
4	2,5	6,5	4,0	(13 - 12) ² =1,25
5	4,0	5,0	3,0	(12 - 12) ² =0,00
6	2,5	4,0	7,0	(13,5 - 12) ² =2,25
7	7,0	6,5	6,0	(19,5 - 12) ² =56,25
				S _W =122,00

Зная значение $S_W = 122$, по формуле (1) при $m = 3$ и $n = 7$ находим $W = 0,484$.

Имея в виду, что при доверительной вероятности $\alpha = 0,95$ и степени свободы $f = n - 1 = 6$ квантиль распределения $\chi^2 = 12,592$ [12], по формуле (2) находим критическое значение $W_\alpha = 0,699$.

Так как $W = 0,484 < W_\alpha = 0,699$, то с вероятностью $\alpha = 0,95$ можно утверждать, что согласованность экспертов незначима. Геометрическая интерпретация мнений экспертов (рис.2) так же подтверждает полученный вывод.

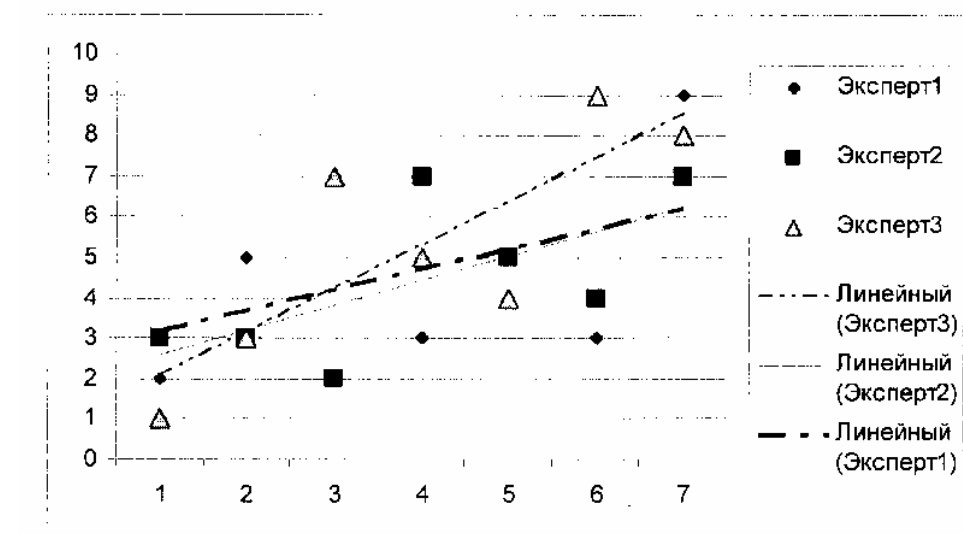


Рисунок 2 – Мнения экспертов

Выводы.

Оценка мнений экспертов при помощи коэффициента конкордации при коллективном принятии решений позволяет выявить и объединить различные подходы экспертов к оценке различных явлений (признаков, критериев), что позволяет провести углубленный анализ ситуации и принять более взвешенное обоснованное решение.

ЛИТЕРАТУРА

1. Волкова В.Н. Теория систем: Учеб. пособие / В.Н. Волкова, А.А. Денисов. – М.: Высш.шк., 2005 – 511с.
2. Коваленко И.И. Экспертные оценки в управлении информационными проектами / И.И. Коваленко, С.В. Драган, М.А. Рыхальский. – Николаев: НУК, 2007. – 168с.
3. Макаров И.М. Теория выбора и принятия решений / И.М. Макаров, Т.М.Виноградская, А.А. Рубчинский, В.Б. Соколов. – М.: Наука, 1982. – 328с.
4. Железко Б. Методика расчета показателей развития предприятия / Б. Железко, М. Валиев, О. Кухаренко, Ю. Монахова // Финансы, учет, аудит. – 2001. - №5. – С. 59-63.
5. Петров Э.Г. Методы и средства принятия решений в социально-экономических и технических системах / Э.Г. Петров, М.В. Новожилова, И.В. Гребенник, Н.А.Соколова. – Херсон: ОЛДІ-плюс, 2003. – 380с.
6. Акофф Р. О целеустремленных системах / Р. Акофф, Ф.М. Эмери. – М.: Советское радио, 1974. – 272с.
7. Гатієнко Г.М. Експертні технології прийняття рішень. Монографія / Г.М. Гатієнко, В.Є. Снитюк. – К.: Тов. «Маклаут» -2008. -144с.
8. Фу К. Последовательные методы в распознавании образов и обучении машин / К. Фу; пер.с англ. – М.: Наука, 1971.-255с.
9. Kendall M.G., Babington Smith. The problem of rankings // AMS. – 1939. – v. 10. – P. 275 – 287.
- 10.Кендалл М. Дж. Статистические выводы и связи / М. Дж. Кендалл, А. Стьюарт. – М.: Статистика, 1975. – 204с.
- 11.Кендэл М. Ранговые корреляции / М. Кендэл. – М.: Статистика, 1975. – 196с.
- 12.Большев Л.Н. Таблицы математической статистики / Л.Н. Большев, Н.В. Смирнов. – М.: Наука, 1983. – 416с.
- 13.Schucany W.R., Frawley W.H. A rank test for two group concordance // Psychometriha. – 1973. v.38.-P.249-258.
- 14.Лагутин М.Б. Наглядная математическая статистика: Учебное пособие / М.Б. Лагутин. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007. – 472с.
- 15.Кобзарь А.И. Прикладная математическая статистика. Для инженеров и научных работников / А.И. Кобзарь. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. – 816с.

Т.В. Михайловская, В.А. Тутык, А.И. Михалев
**РАСЧЕТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ
ОБРАБОТКИ ЭЛЕКТРОННЫМ ПУЧКОМ
МЕТАЛЛИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ С
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КЛЕТОЧНО-АВТОМАТНОЙ
МОДЕЛИ**

Аннотация. Рассмотрены параметры клеточно-автоматной модели предназначенной для определения скорости затвердевания расплава в зоне работы электронной газоразрядной пушки работающей в импульсном режиме.

Ключевые слова. Электронная газоразрядная пушка, клеточные автоматы, импульсный режим работы, скорость затвердевания, режим работы, скорость сканирования поверхности.

Введение.

В силу того, что электронно-лучевая обработка представляет собой перспективное направление упрочнения деталей машин и инструментов, применение которого часто позволяет заменить дорогостоящие легированные стали дешевыми конструкционными [1], актуальность приобретают вопросы расчета технологических параметров данной технологии.

Анализ предыдущих публикаций и постановка задачи.

Как известно кинетическая энергия электронного пучка может быть введена в приповерхностную область материалов посредством ее превращения в тепло, что, в свою очередь, может привести к изменению химического состава или структуры материала в зоне сканирования электронным пучком [2].

Такие свойства металлов, как прочность и твердость, наряду с химическим составом и однородностью материала, определяются его кристаллической структурой и размерами зерен. Эти свойства тесно связаны с особенностями способа получения материала и, в первую очередь, с условиями затвердевания, а также со способами его дальнейшей обработки [3].

Напряжения, действующие в изготовленной детали при ее эксплуатации, как правило, распределены так, что предъявляют повы-

© Михайловская Т.В., Тутык В.А., Михалев А.И., 2009

шенные требования к механическим свойствам именно поверхностных слоев детали. Во многих из таких случаев, локальные переплав или закалка участков детали с помощью электронных пучков позволяют получить значительное локальное улучшение свойств материала и тем самым повысить эксплуатационные показатели детали в целом.

При обработке с расплавлением материал в области, ограниченной воздействием электронного пучка, кратковременно нагревается до температуры выше точки плавления. Последующее охлаждение за счет отдачи тепла теплопроводностью в соседние, оставшиеся холодными области, влечет за собой чрезвычайно высокие скорости затвердевания. Что обеспечивает образование структуры в значительной степени отличной от той, которая получается при нормальном ходе процесса затвердевания: существенно расширяются границы растворимости для твердых растворов, морфология интерметаллических соединений может измениться таким образом, что первоначально хрупкие материалы становятся пластичными. Кроме того, достигается значительное измельчение структуры и разрушение сегрегации [4].

В настоящее время в технике и научных исследованиях важное значение приобретают вопросы расчета и моделирования [5], что, безусловно, касается не только численного моделирования потенциальных полей в электронных газоразрядных пушках и расчета на его основе конструкции электронных газоразрядных пушек [6] а, и расчета технологических параметров обработки электронным пучком поверхности металлических материалов.

Целью работы является расчет параметров технологии сканирования поверхности подложки электронным пучком с учетом ее нагрева и проплавления при наличии фазового перехода с использованием клеточно-автоматной модели.

Результаты исследований. Для расчета технологических параметров сканирования поверхности подложки электронным пучком использовалась математическая модель тепловой обработки поверхности, построенная на основании разработанной клеточно-автоматной модели затвердевания с учетом фазового перехода [7].

Схематическое изображение процесса сканирования поверхности пучком электронов представлено на рис. 1. Электронный пучок движется вдоль направления сканирования, при этом в зоне действия пучка происходит бомбардировка поверхности электронами. Темпера-

тура бомбардируемой поверхности повышается, и в зависимости от мощности происходит либо модификация поверхности переплавом, либо облагораживающая закалка [4].

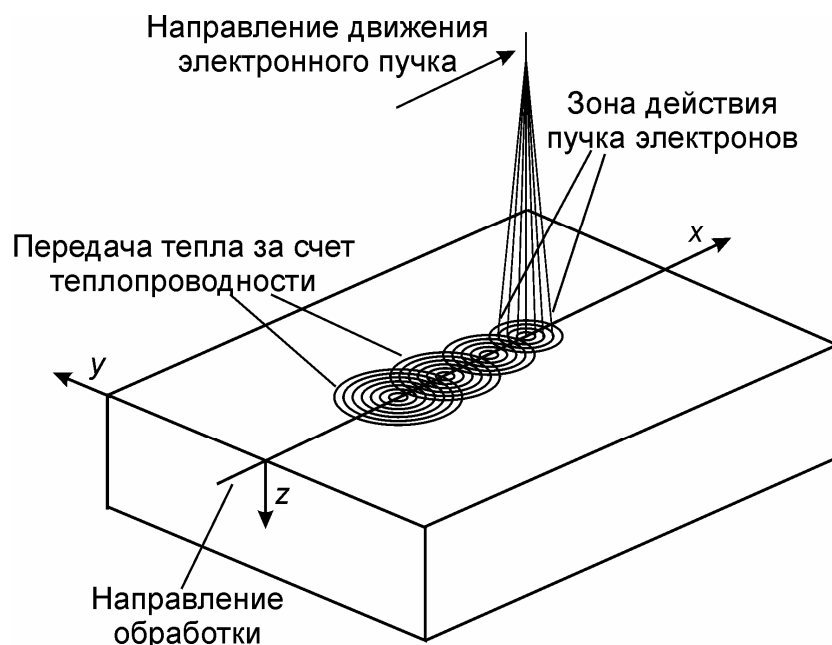


Рис. 1. Сканирование поверхности электронным пучком

Рассматриваемая электронная газоразрядная пушка характеризуется следующими параметрами: ускоряющее напряжение – 40 кВ ; импульсный режим работы; удельная мощность – 10^8 Вт/м^2 ; длительность импульса – $\tau_u = 10 \text{ мкс}$, частота следования импульсов – 100 Гц ; скорость сканирования электронного пучка лежит в диапазоне $10^{-2} \dots 10^{-1} \text{ м/с}$. В электронной газоразрядной пушке используются магнитная фокусирующая и отклоняющая системы. В качестве рабочего газа поддуваемого в пушку используется инертный газ гелий.

При моделировании модификации поверхности использовались следующие параметры электронной пушки и пучка электронов: электронная газоразрядная пушка работает при ускоряющем напряжении 40 кВ в импульсном режиме. Удельная мощность составляет 10^8 Вт/м^2 , длительность импульса $\tau_u = 10 \text{ мкс}$, частота следования импульсов 100 Гц . Скорость сканирования электронного пучка $2 \cdot 10^{-2} \text{ м/с}$. Диаметр пучка 1 мм . Образец выполнен из конструкционной стали 20.

При программной реализации модификации поверхности проведен расчет для трехмерной модели. В силу симметричности решения относительно направления сканирования пучка, расчет выполнялся для половины образца с учетом граничного условия осевой симметрии (тепловой поток равен нулю).

Параметры образца моделирования:

– геометрические размеры: длина 4 мм; ширина 4 мм за счет осевой симметрии 2 мм; высота 0.5 мм.

– теплофизические параметры конструкционной стали 20 приведены в таблице. Для описания фазового перехода использовались соответствующие правила для клеточных автоматов [8].

Таблица

Теплофизические параметры конструкционной стали 20

Теплофизический параметр	Солидус	Ликвидус
Плотность, $\text{кг}/\text{м}^3$	7500	7000
Удельная теплоемкость, $\text{Дж}/\text{кг K}$	750	920
Коэффициент теплопроводности, $\text{Вт}/\text{м K}$	47	47
Температурный интервал фазового перехода $T_s = 1390^\circ\text{C}$, $T_l = 1505^\circ\text{C}$, скрытая теплота фазового перехода $L = 250 \text{ кДж}/\text{кг}$.		

– граничные условия: на оси симметрии и боковых поверхностях тепловой поток равен нулю $\partial T/\partial n = 0 \text{ Вт}/\text{м}^2$, на верхней поверхности задано граничное условие конвективного теплообмена: коэффициент теплообмена – $\alpha = 150 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{K})$, температура окружающей среды – $T_{out} = 50^\circ\text{C}$.

– начальная температура объекта сканирования $T = 50^\circ\text{C}$.

Параметры клеточно-автоматной модели:

– шаг по x и y выбран 0,2 мм, из соображения наглядности визуализации результатов. Шаг по z принят 10^{-5} м исходя из физических предпосылок, поскольку глубина проплавления при сканировании поверхности электронным пучком составляет 10^{-6} м.

– Количество клеток по оси x – 20, по оси y – 10, вдоль оси z – 500.

– Расчетное время $0,1\text{ с}$, шаг по времени $5 \cdot 10^{-8}\text{ с}$ определен из критерия устойчивости клеточно-автоматного алгоритма для термодинамической модели.

– За расчетное время электронная пушка делает 9 выстрелов, длительность импульса одного выстрела составляет 300 расчетных интервалов, период между выстрелами 200 000 итераций по времени. На рисунке 2 приведена визуализация процесса обработки поверхности с использованием электронной газоразрядной пушки. Рис. 2 (а) представляет собой температурное поле (в градусах Кельвина) на поверхности образца после 9 выстрелов электронной пушки, представленное в виде цветовой карты, на которой черному цвету соответствует температура 323 K ($50\text{ }^{\circ}\text{C}$), белому 2100 K ($1827\text{ }^{\circ}\text{C}$). Рис. 2 (b) температурное поле образца вдоль оси сканирования представленное в виде цветовой карты. На рис. 2 (c) представлено распределение температуры на поверхности образца вдоль оси сканирования, после каждого выстрела. График зависимости глубины проплавления от времени работы пучка приведен на рис. 2 (d), глубина проплавления определялась в центре действия пучка и составляет $2 \cdot 10^{-6}\text{ м}$.

Скорость затвердевания сплава в зоне модификации поверхности сканирующим электронным пучком составляет 4000 K/с и соответствует формированию в расплавленном слое мелкозернистой структуры, отличной от той, которая формируется при нормальном ходе процесса затвердевания и характеризуется повышенными прочностными характеристиками [1].

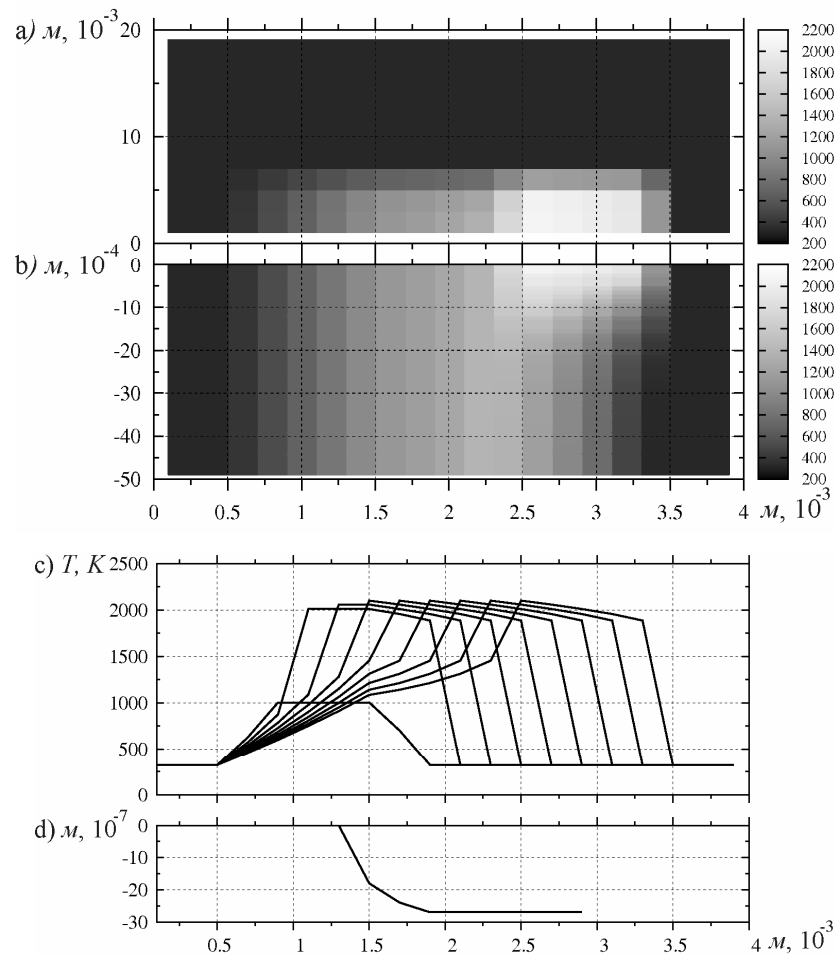


Рис. 2. Визуализация процесса модификации поверхности с использованием электронной газоразрядной пушки:

- а) температурное поле зоны обработки (вид сверху);
- б) температурное поле зоны обработки (вдоль движения пучка);
- с) распределение температуры на поверхности образца после 1–9 выстрелов электронной пушки;
- д) глубина проплавления металлической поверхности

Выводы

1. Реализована компьютерная модель обработки поверхности электронным пучком с использованием математической модели затвердевания при наличии фазового перехода на основе клеточных автоматов.

2. Получены температурные поля зоны обработки поверхности при сканировании электронным пучком поверхности изделия из конструкционной стали 20. На основании температурных полей опреде-

лена глубина проплавления поверхности, которая равна $2 \cdot 10^{-6}$ м, что соответствует экспериментальным данным.

3. На основании температурных полей, полученных в ходе моделирования, определена скорость затвердевания поверхности, которая для данного эксперимента составляет 4000 K/s . Это и обеспечивает формирование мелкозернистой структуры с повышенными прочностными характеристиками.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мирошниченко И.С. Закалка из жидкого состояния / И.С. Мирошниченко. – М.: Металлургия, 1982. – 168 с.
2. Молоковский С.И., Сушков А.Д. Интенсивные электронные и ионные пучки. – Л.: Энергия, 1972. – 272 с.
3. Лейкин А.Е., Родин Б.И. Материаловедение. – М. «Высшая школа», 1971. – 416 с.
4. Вайнгард У. Введение в физику кристаллизации металла. – М.: Мир, 1967. – 172 с.
5. Приходько Э.В., Тогобицкая Д.Н. Роль информационных технологий в повышении качества металлопродукции// Современные проблемы металлургии. – 2001. – Том 3. – С. 450 – 462.
6. Тутык В.А., Михайловская Т.В. Моделирование потенциальных полей в электронных пушках// Системные технологии. Региональный межвузовский сборник научных трудов. – 2004. – Выпуск 1 (30). – С. 62 – 70.
7. Михайловская Т.В., Михалев А.И. Трехмерная клеточно-автоматная модель процесса затвердевания металлов и сплавов// Сучасні проблеми металургії. Наукові праці. 2006. – Том 9. – С. 102 – 112.
8. Михайловская Т.В. Применение клеточных автоматов для математического моделирования фазового перехода в эвтектических сплавах // Системные технологии. Региональный межвузовский сборник научных трудов. 2007. – Выпуск 5 (53). – С. 162 – 170.

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВНЕШНЕГО
ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО ШЛИФОВАНИЯ ДЕТАЛЕЙ
ГИДРОМАШИН С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ
НЕЧЕТКОГО ВЫВОДА**

Аннотация. В данной статье разработана, исследована и программно реализована нечеткая модель процесса внешнего цилиндрического шлифования деталей гидромашин. Математическая модель построена на основе методов нечеткого вывода для определения показателей качества выбора на технологические параметры процесса обработки.

Ключевые слова. Модель, процесс, технологические параметры, методы нечеткого вывода.

Введение.

Математические модели статических и динамических систем, построение, использование и анализ которых базируется на положении теории нечетких множеств и нечеткой логике, представляют собой нечеткие модели.

Нечеткое моделирование не подменяет собой различные методологии моделирование сложных систем, в которых существенные зависимости выяснены настолько хорошо, что они могут быть выражены в числах или символах, характеризующие в итоге численные оценки. Главным здесь является то, что нечеткие модели представляют необходимый инструмент для исследования как отдельных аспектов, как и всей системы в целом на различных этапах ее анализа в случае доминирования качественных элементов над количественными.

В данной статье разработана, исследована и программно реализована нечеткая модель процесса внешнего цилиндрического шлифования деталей гидромашин. Математическая модель построена на основе методов нечеткого вывода для определения показателей качества выбора на технологические параметры процесса обработки.

Постановка задачи.

Задача состоит в том, чтобы разработать эффективную математическую модель, реализованную в виде системы нечеткого вывода.

© Новикова Е.Ю., Меженная К., 2009

Эта модель, в свою очередь, позволит определить показатели качества обработки процесса шлифования, такие как точность размера, шероховатость поверхности и микротвердость поверхностного слоя, на основании анализа влияния технологических параметров процесса обработки: глубины резания, подачи, скорости резания (вращения заготовки), твердости (глубины лунки), зернистости (размер основной фракции зерен), структуры (объемное содержание зерна в металле) и экспертной информации (специалисты кафедры технологии машиностроения, НМетАУ, г. Днепропетровска).

На рисунке 1 показан механизма ввода-вывода процесса внешнего цилиндрического шлифования деталей гидромашин с использованием методов и алгоритмов нечеткого логического вывода.



Рисунок 1 - Механизм ввода- вывода процесса внешнего цилиндрического шлифования деталей гидромашин

Нечеткая модель процесса внешнего цилиндрического шлифования деталей гидромашин. В качестве терм-множеств входных лингвистических переменных ($ЛП_i^{вх}$) используются множества: Т1, Т2, Т3, Т4, Т5, Т6.

ЛП₁^{вх}: Т1 для входной переменной «Глубина резания, t , мм» имеет вид $T1 = \{\min (0.2-0.53); \max (0.2-0.66)\}$.

ЛП₂^{вх}: Т2 для входной переменной «Подача, S , мм/об» имеет вид $T2 = \{\min (0.001-0.0025); \text{middle } (0.0025-0.005); \max (0.005-0.075)\}$.

ЛП₃^{вх}: Т3 для входной переменной «Скорость резания (скорость вращения заготовки), V_3 , м-мин» имеет вид $T3 = \{\min (20-30); \text{middle } (30-40); \max (40-50)\}$.

ЛП₄^{вх}: Т4 для входной переменной «Твердость (глубина лунки), l , мм» имеет вид $T4 = \{\text{CT } (0-1); \text{C2} (1-2); \text{CM1} (2-3)\}$.

ЛП₅^{вх}: Т5 для входной переменной «Зернистость (размер основной фракции зерен), d , мкм» имеет вид $T5 = \{160 (0-1); 200 (1-2); 315 (2-3)\}$.

ЛП₆^{вх}: Т6 для входной переменной «Структура (объемное содержание зерна в инструменте), v_z , %» имеет вид $T6 = \{46 (0-1); 50 (1-2); 54 (2-3)\}$.

В качестве терм-множеств выходных ЛП _{i} ^{вых} будем использовать множества P1, P2, P3.

ЛП₁^{вых}: P1 для выходной переменной «Точность размера, Δ , мкм» имеет вид $P1 = \{\min (19-31); \text{middle } (29-51); \max (40-55)\}$.

ЛП₂^{вых}: P2 для выходной переменной «Шероховатость поверхности, R_a , мкм» имеет вид $P2 = \{\min (0.3-0.44); \text{middle } (0.34-0.7); \max (0.62-1)\}$.

ЛП₃^{вых}: P3 для выходной переменной «Микротвердость поверхностного слоя, H , кгс/мм²» имеет вид $P3 = \{\min (560-780); \text{middle } (630-935); \max (924-1000)\}$.

С учетом сделанных уточнений, рассмотренная субъективная информация экспертов – металлургов о показателях качества обработки процесса внешнего цилиндрического шлифования деталей гидромашин может быть представлена в формате 36-и правил нечетких продукций.

В результате работы с экспертами кафедры Технологии машиностроения НМетАУ, г. Днепропетровск были выбраны границы термов и виды функций принадлежности. Для решения задачи фаззифи-

кации предложены треугольные и колокольчатообразные функции принадлежности, т.к. входные технологические величины лежат в доступном диапазоне.

Для выходных переменных использованы треугольные формы, т.к. они наиболее просты и эффективны при нечетком выводе. Характеристики и границы термов выбраны в соответствии с данными, полученными от экспертов о показателях качества обработки процесса шлифования. Для получения выходного сигнала использован метод центра тяжести для дискретного множества значений функций принадлежности.

Для окончательного анализа разработанной нечеткой модели представляется возможность просмотра поверхностей нечеткого вывода, рис. 2.

На рис. 2 приведены виды поверхностей нечеткого вывода: поверхность вида а) с разделением на области, отображает зависимость точности размера от глубины резания и подачи (область 1, является основной и иллюстрирует получение max точности размера $\Delta = 47.7$ мкм; область 2 иллюстрирует обеспечение средней точности размера, а область 3 иллюстрирует получение min точности размера; поверхность вида б) зависимость микротвердости поверхностного слоя от глубины резания и подачи; в) зависимость точности размера от глубины резания и скорости резания (скорости вращения заготовки); г) зависимость точности размера от глубины резания и скорости резания (скорости вращения заготовки); г) зависимость шероховатости поверхности от глубины резания и подачи.

Результаты нечеткого моделирования. При глубине резания $t=0.43$ мм, подаче $S=0.038$ мм/об, скорости резания (скорости вращения заготовки) $V_3=35$ м/мин, твердости (глубине лунки) $l=C2$ мм, зернистости (размере основной фракции зерен), $d=200$ мкм, структуре (объемном содержании зерна в инструменте) $v_z=50$ %, показатели качества будут равны: точность размера $\Delta=47.7$ мкм, шероховатость поверхности $R_a=0.52$ мкм, микротвердость поверхностного слоя $H=788$ кгс/мм².

Ввиду того, что каждый эксперт, участвующий в формировании баз правил, является специалистом в развитии конкретно взятой ситуации процесса внешнего цилиндрического шлифования деталей

гидромашин, то разработанная система, является концентрацией коллективных знаний [12].

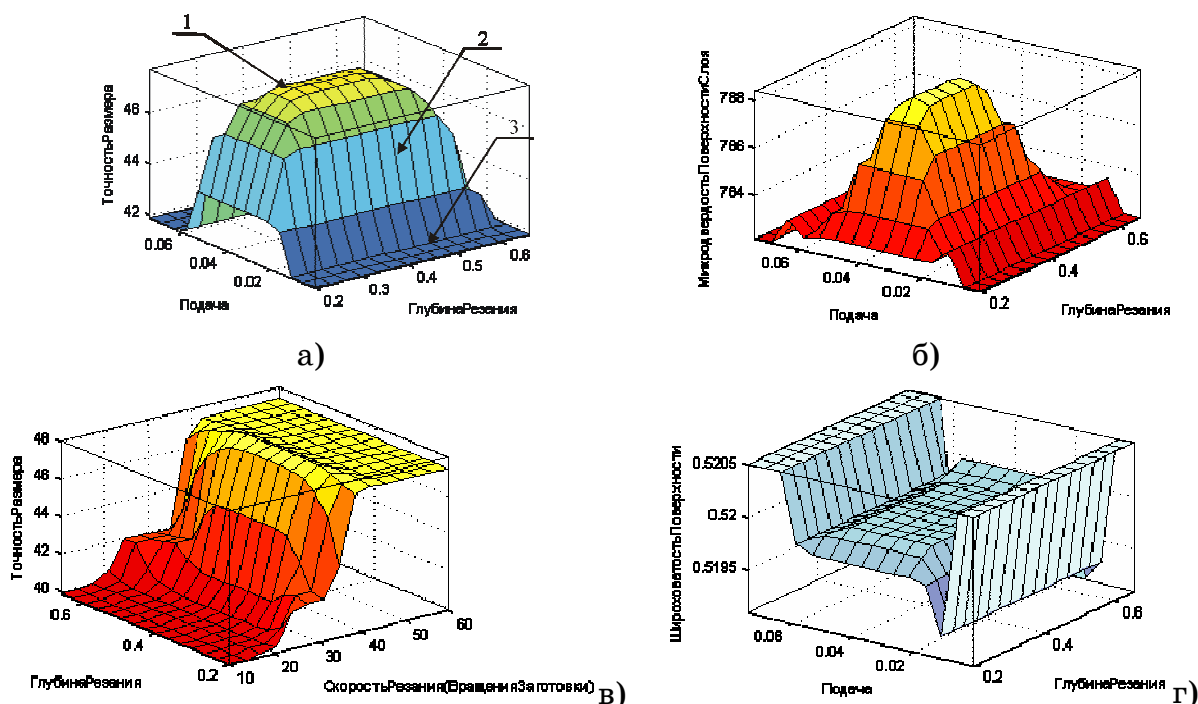


Рисунок 2 – Виды поверхностей нечеткого вывода

ЛИТЕРАТУРА

1. Асаи К., Ватада Д., Иваи С. и др. Прикладные нечеткие системы. / Под ред. Т. Тэрано, К. Асаи, М. Сугено. - М.: Мир, 1993. – 386 с.
2. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и ее применение к принятию приближенных решений. - М.: Мир, 1976. - 167 с.
3. Круглов В. В., Дли М. И., Голунов Р. Ю. Нечеткая логика и искусственные нейронные сети. – М.: Физматлит, 2001. – 224 с.
4. Леоненков А. В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и FuzzyTECH. – БХВ: Санкт - Петербург, 2003. – 716 с.
5. Новикова Е.Ю. Математическое моделирование процессов металлургического производства с использованием методов нечеткого вывода: дис. кандидата тех. наук: 01.05.02 / Новикова Екатерина Юрьевна. – Д., 2008. – 142 с.

ПОБУДОВА ДИНАМІЧНИХ МЕРЕЖ БАЙЄСА

Анотація. Запропонована методика побудови динамічних мереж Байєса на основі статистичних даних, яка складається з двох етапів: побудова статичної структури мережі та динамічної структури мережі, що включає визначення зв'язків між двома сусідніми інтервалами часу. Отриману структуру використовують для формування висновку на кожному часовому інтервалі. Наведено приклад застосування методики до фактичних даних. Ключові слова. Динамічні байєсовські мережі, методологія розробки, статистичні данні.

Вступ

Байєсові мережі – перспективний ймовірнісний інструментарій для моделювання складних ієрархічних процесів (статичних і динамічних) з невизначеностями довільного характеру. Байєсова мережа складається з множини випадкових змінних (вузлів графа) і спрямованих зв'язків між змінними, які разом утворюють орієнтований граф. Кожній змінній ставиться у відповідність таблиця умовних ймовірностей, яка характеризує ймовірність прийняття вузлом (змінною) того чи іншого значення за умови, що зв'язані з ним вузли також приймають конкретні значення.

Мережі Байєса (МБ) ефективно використовуються для розв'язання досить складних задач у різних областях, таких як медична і технічна діагностика, обробка зображень та відеосигналів в різних галузях науки і техніки, аналіз і прогнозування фінансово-економічних процесів. Ймовірнісні моделі у вигляді спрямованих ациклічних графів надають широкі можливості стосовно включення в них відносно великої дискретних і безперервних змінних та формування висновку стосовно будь-якої вибраної змінної.

1.1. Використання мереж Байєса у задачах моделювання

Мережі Байєса можна використовувати для моделювання складних процесів різної природи – в техніці, біології, медицині, промислових технологіях, економіці, фінансах і т. ін. Так у роботі [1] розглядається застосування МБ для моделювання поведінки робота, а точніше вивчення і аналізу машиною можливостей, що надає оточу-

юче середовище – еффорданс (від англ. affordance – те, що навколишній світ дозволяє чи надає можливість здійснити індивідууму чи машині).

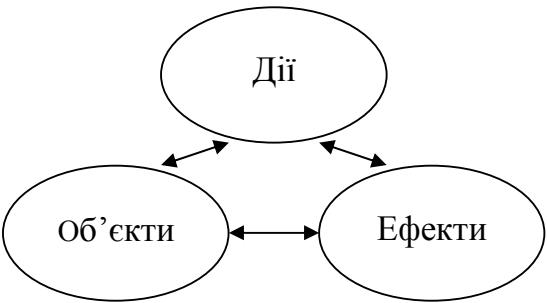


Рисунок 1 – Еффорданс, як відношення між діями (Д), об’єктами (О) та ефектами (Е), може використовуватися для вибору дії, об’єкта чи передбачення результатів дії на об’єкт

Таблиця 1

Входи і виходи для прикладу з роботом

Входи	Виходи	Функція
(О, Д)	Е	Передбачення ефекту
(О, Е)	Д	Розпізнавання дії і планування
(Д, Е)	О	Розпізнавання об’єкту і вибір

Запропонована структура мережі для даного простого прикладу:

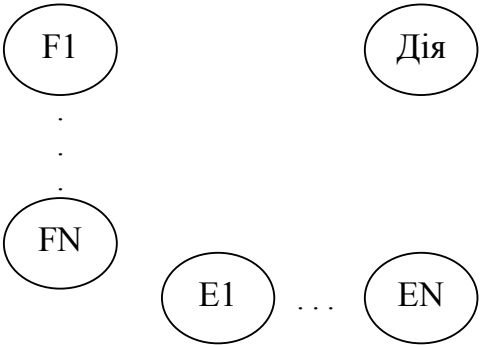


Рисунок 2 – Модель Байєсівської мережі для моделювання еффордансу. Вузли представляють дії Д, властивості об’єктів F(1)...F (n) та ефекти отримувані в результаті дій E(1)...E(m)

У розглянутій в роботі [1] моделі робот наділений певними навичками, він здатний сприймати близькі об’єкти і вимірювати їх основні параметри, а також взаємодіяти з оточуючим середовищем через певний набір дій. Набір вузлів (змінних) для цієї ситуації, $X = \{A, Fr, Fo, E\}$, має чотири типи складових (дискретних випадкових

змінних): $A = \{a_i\}$ – дія робота; $Fr = \{Fr(1), \dots, Fr(nr)\}$ – характеристики робота (наприклад, можливі положення руки); $Fo = \{Fo(1), \dots, Fo(no)\}$ – властивості об'єкта O ; $E = \{E(1), \dots, E(ne)\}$ – ефекти, що спостерігаються в результаті виконання роботом певних дій.

В роботі наведено результати експерименту, виконаного за умов, наведених у таблиці 2.

Таблиця 2

Умови виконання експерименту з роботом

Змінна	Опис	Значення
A	Дія	Схопити, вдарити, доторкнутися
C	Колір	Зелений1, зелений2, жовтий, блакитний
Sh	Форма	М'яч, куб
S	Розмір	Малий, середній, великий
V	Швидкість об'єкта	Мала, середня, велика
HV	Швидкість руки робота	Мала, велика
Di	Відстань від руки до об'єкта	Мала, середня, велика
Ct	Довжина контакту	Короткий, довгий

За результатами експерименту із застосуванням методу максимальної правдоподібності побудовано таку мережу:

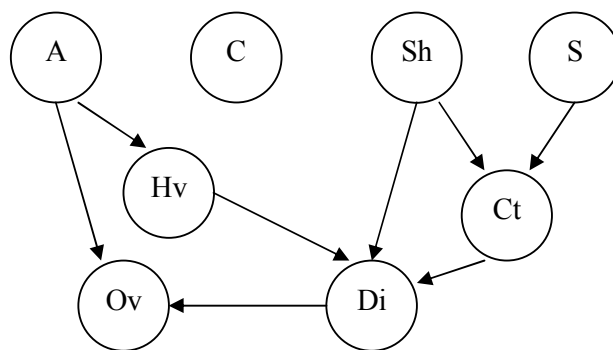


Рисунок 3 – Модель Байєсової мережі

Представлена модель дозволяє описати правдоподібну модель знання про взаємодію робота з оточуючим середовищем, що, в свою чергу, може бути використано при розв'язанні задач опису поведінки робота методами штучного інтелекту.

1.2. Використання мереж Байєса у задачах прогнозування

У роботі [2] представлена розробка, спрямована на покращення зручності введення тексту до мобільного телефону. Байєсівська мережа використана для автоматичного підбору символів на основі попередньо введеного тексту і натиснутої кнопки. Запропоновано методику, яку автори назвали BAPTІ (Bayesian Predictive Text Input).

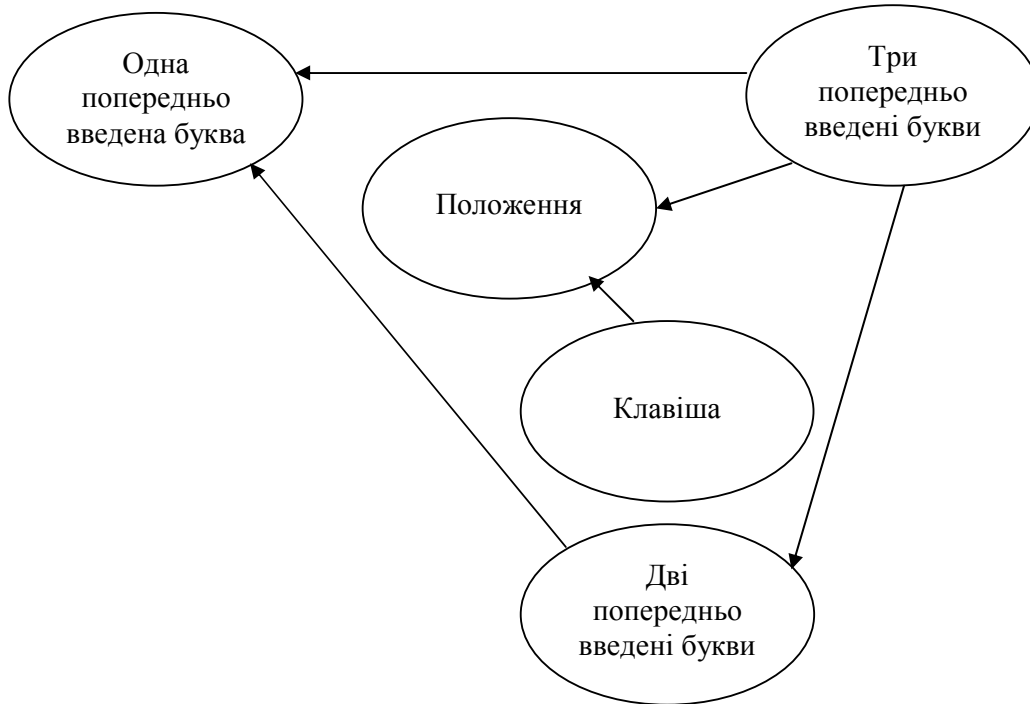


Рисунок 4 – Мережа Байєса для прогнозування букви

На рис. 4 показано побудовану мережу, що враховує три попередньо введені літери та натиснуту клавішу. Вузол „Клавіша” символізує натиснуту клавішу і приймає значення від 1 до 9. Вузол „Положення” визначає порядок літери на клавіші, що обирається і приймає значення від 1 до 3.

Отримані авторами дослідження результати свідчать про те, що використання МБ дозволяє значно пришвидшити введення тексту. В середньому кількість натискання клавіш зменшується на 37.4%. У 91.2% випадків BAPTІ правильно прогнозує букву. Перевагою даного методу, у порівнянні з іншими, є те, що використання запропонованої методики не потребує зберігання чітко визначеного словника.

1.3. Використання мереж Байєса у задачах класифікації

Мережа Байєса може бути використана для розв’язання задач класифікації. Для цього необхідно вибрати вузол, що представляє со-

бою значення результату класифікації, а інші вузли – це параметри, за якими відбувається класифікація. Для кожного стану обраного вузла обраховується умовна вірогідність, як наведено у формулі:

$$P(x_1 = X_1, \dots, x_n = X_n) = \prod_{i=1}^n p(x_i = x_i / \pi_i - \Pi_i)$$

У роботі [3] пропонується структура МБ, яка б найкраще відповідала потребам задач класифікації – часткова мережа Байєса (Partial Bayesian Network). Процедура побудови такої мережі складається з трьох кроків. На першому кроці перевіряють до якої групи відноситься вузол $x_i \in Z - \{x_c\}$ – батьків чи нащадків вузла x_c – тобто вузла-класифікатора. Якщо вузол x_i додається як батьківський для x_c , то ймовірність мережі змінюється на:

$$\delta_p = \frac{g(c, \pi_c \cup \{i\})}{g(c, \pi_c)}.$$

Якщо ж x_i – нащадок x_c , то ймовірність розпізнавання змінюється на:

$$\delta_c = \frac{g(i, \pi_i \cup \{c\})}{g(i, \pi_i)}.$$

Перевіряючи умови $\delta_p > \delta_c$, вузол x_i додається до батьківської множини вузлів x_c , або до множини його нащадків. Якщо ж виконується умова $\max(\delta_p, \delta_c) < 1$, то зв'язок не утворюється.

На другому кроці додаються батьки, що вибираються з множини батьківських та незалежних вузлів для вузлів з множини нащадків. На третьому кроці визначаються зв'язки між вузлами з множини нащадків.

В роботі наведені результати експериментів для двох множин тестових даних, що свідчать про досить високу ефективність запропонованого методу. На першій, простішій множині, результати всіх методів приблизно однакові, але на ускладненій множині даних метод на сонові МБ показав найкращі результати.

1.4. Типи мереж Байєса та їх характеристики

Існує декілька різних типів мереж Байєса, які відрізняються за типами змінних. Виділяють такі основні типи мереж Байєса: дискретні МБ, динамічні МБ, неперервні МБ та гібридні МБ [4].

Дискретні МБ – це мережі, у яких змінні вузлів – дискретні величини. Дискретні МБ мають такі властивості: (1) кожна вершина представляє собою подію, яка описується випадковою величиною, що може мати декілька станів; (2) всі вершини, пов'язані з "батьківським" вузлом, визначаються таблицею умовних ймовірностей або функцією умовних ймовірностей; (3) для вершин без "батьків" ймовірності їх станів є безумовними (маргінальними).

Динамічні МБ – мережі, у яких значення вузлів змінюється з часом. Динамічні МБ ідеально підходять для моделювання змінних у часі процесів. Їх перевага полягає у тому, що вони використовують табличне представлення умовних ймовірностей, яке полегшує представлення різних нелінійних явищ. Найпростіший тип динамічної МБ – це прихована модель Маркова, у якої в кожному шарі є один дискретний прихований вузол і один дискретний або неперервний вузол, що спостерігається.

Безперервні МБ – ті, в яких змінні вузлів мережі є безперервними величинами. У багатьох випадках події можуть приймати будь-які значення стани із деякого діапазону (області визначення). Тобто змінна X буде безперервною випадковою величиною, простором можливих станів якої буде весь діапазон допустимих її значень, $X = \{x | a \leq x \leq b\}$, що містить нескінченну безліч точок. При цьому вже не можна говорити про ймовірності окремого стану, оскільки при їх нескінченно великій кількості вага кожного з них буде наближатись до нуля. Тому розподіл ймовірностей для безперервних випадкових величин визначається інакше ніж у дискретному випадку і для їх опису використовуються функції розподілу ймовірностей та щільності розподілу ймовірностей. Безперервні МБ використовують для моделювання стохастичних процесів у просторі станів з безперервним часом.

Гібридні МБ – мережі, що містять вузли з дискретними та безперервними змінними. При використанні таких МБ існують такі обмеження:

1. Дискретні змінні не можуть мати безперервних батьків;

2. Безперервні змінні повинні мати нормальний закон розподілу, умовний на значеннях батьків;

3. Розподіл безперервної змінної X з дискретними батьками Y та безперервними батьками Z є нормальним розподілом $P(X|Y=y, Z=z) = N(\mu_x(\mu_y, \mu_z), \sqrt{\sigma_x(\sqrt{\sigma_y})})$, де $\mu_x(\mu_y, \mu_z)$ – математичні сподівання; σ_x, σ_y – дисперсії; $\sqrt{\sigma_x}, \sqrt{\sigma_y}$ – середньоквадратичні відхилення. Значення μ_x лінійно залежить від безперервних батьків, а σ_x взагалі не залежить від безперервних батьків. Однак, обидва параметри (μ_x і σ_x) залежать від дискретних батьків. Це обмеження гарантує можливість формування точного виводу.

1.5. Методика побудови динамічної мережі Байєса

Динамічні мережі Байєса — це спосіб розширити мережі Байєса для моделювання ймовірнісних розподілів за напів-нескінченну кількість випадкових величин $X_1, X_2, \dots$. Ми розглядаємо випадкові процеси лише з дискретним часом, тому ми збільшуємо індекс t на одиницю кожного разу, коли надходить нове спостереження. Зазначимо, що термін "динамічний" означає, що ми моделюємо динамічну систему, а не те, що мережа змінюється з часом.

Динамічна мережа Байєса визначається як пара, B_0, B_1 , де B_0 – структура статичної мережі Байєса, що визначає апіорну ймовірність $P(X_1)$, а B_1 – перехідна (транзитивна) мережа, що складається з двох часових зрізів мережі Байєса, які визначають спільним розподілом $P(X_t, X_{t-1})$.

При моделюванні динаміки процесу еволюцію його стану розглядають у послідовні моменти часу. При цьому структура мережі залишається, як правило, незмінною.

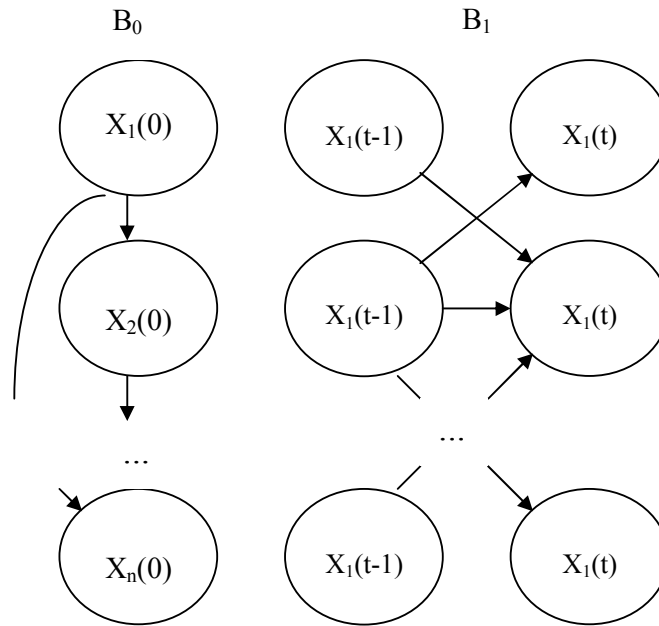


Рисунок 5 – Структура динамічної мережі Байєса

Побудова структури ДМБ виконується за два етапи:

1. Побудова статичної структури мережі. Тобто, це побудова структури тієї частини мережі, що буде повторюватися на кожному інтервалі часу.

Вхідні дані. Навчальна вибірка $D = \{d_1, \dots, d_n\}$, $d_i = \{x_i^{(1)} x_i^{(2)} \dots x_i^{(N)}\}$ (нижній індекс – номер спостереження, а верхній – номер змінної), n – число спостережень; N – число вершин (змінних).

Перший етап. Для всіх пар вершин обчислюємо значення взаєм-

ної інформації $Set_MI = \left\{ MI(x^i, x^j); \forall i, j \right\}$. Після цього елементи множини Set_MI упорядковуємо за спаданням:

$$Set_MI = \{MI(x^{m_1}, x^{m_2}), MI(x^{m_3}, x^{m_4}), MI(x^{m_5}, x^{m_6}), \dots\}.$$

Другий етап

Крок 1. З множини значень взаємної інформації Set_MI вибираємо перші два максимальних значення $MI(x^{m_1}, x^{m_2})$ и $MI(x^{m_3}, x^{m_4})$. За отриманим значенням $MI(x^{m_1}, x^{m_2})$ и $MI(x^{m_3}, x^{m_4})$ будуємо множину моделей G вигляду:

$\{ (m_1 \rightarrow m_2; m_3 \rightarrow m_4), (m_1 \rightarrow m_2; m_3 \leftarrow m_4), (m_1 \leftarrow m_2; m_3 \leftarrow m_4), (m_1 \leftarrow m_2; m_3 \rightarrow m_4), (m_1 \leftarrow m_2; m_3 \text{ не залежить від } m_4), (m_1 \rightarrow m_2; m_3 \text{ не залежить від } m_4), (m_1 \text{ не залежить від } m_2; m_3 \rightarrow m_4), (m_1 \text{ не залежить від } m_2; m_3 \leftarrow m_4), (m_1 \text{ не залежить від } m_2; m_3 \text{ не залежить від } m_4) \}$.

Запис вигляду $m_i \rightarrow m_j$ означає, що вершина x^{m_i} є предком вершини x^{m_j} .

Крок 2. Виконуємо пошук серед множини моделей G . В параметрі g^* зберігаємо оптимальну мережеву структуру. Оптимальною структурою буде та, яка буде мати найменше значення деякого функціоналу. Наприклад, $L(g, x^n)$ – опис мінімальної довжини (ОМД) структури моделі при заданій послідовності із n спостережень $x^n = d_1 d_2 \dots d_n$.

1. $g^* \leftarrow g_0 (\in G)$;
2. для $\forall g \in G - \{g_0\}$: якщо $L(g, x^n) < L(g^*, x^n)$ то $g^* \leftarrow g$;
3. на виході g^* – шукане рішення.

Крок 3. Після того як знайдено оптимальну структуру g^* із G , з множини значень взаємної інформації Set_MI вибираємо максимальне значення: $MI(x^{i_next}, x^{j_next})$. За отриманим значенням $MI(x^{i_next}, x^{j_next})$ і структурою (структурами) g^* будуємо множину моделей G вигляду: $\{ (g^*; i_next \rightarrow j_next), (g^*; i_next \leftarrow j_next), (g^*; i_next \text{ не залежить від } j_next) \}$. Переходимо на крок 2.

Умова закінчення процедури пошуку. Евристичний пошук продовжується до тих пір, поки не буде виконано аналіз визначеного

$$\frac{N \cdot (N-1)}{2}$$

числа елементів множини або ж всіх елементів множини Set_MI . Як показує практика, у більшості випадків немає сенсу ви-

конувати аналіз більше половини (тобто $\frac{N \cdot (N-1)}{4}$) елементів множини Set_MI .

Вихід: оптимальна структура (структури) g^* .

2. Побудова динамічної структури мережі. На цьому етапі будуємо структуру, що визначає зв'язки між двома сусідніми часовими зрізами, тобто t і $t+1$.

Побудова виконується за алгоритмом побудови структури статичної мережі, але розглядається набір вершин для двох сусідніх інтервалів часу, тобто множина вершин, між якими шукають зв'язки, подвоюється.

Розглядаємо тільки ті пари, що складаються з вершин, які знаходяться в різних зрізах. Щоб отримати дані про змінні на сусідньому часовому зрізі, зсуваємо вибірку даних на одну позицію вперед (для отримання минулого зрізу) або назад (для отримання наступного).

Вхідні дані. Навчальна вибірка $D_t = \{d_1, \dots, d_n\}$, $D_{t+1} = \{d_2, \dots, d_{n+1}\}$.

Перший етап. Для всіх пар вершин із сусідніх часових зрізів об-

числюємо значення взаємної інформації $Set_MI = \left\{ MI(x_t^i, x_{t+1}^j); \forall i, j \right\}$.

Після цього елементи множини Set_MI упорядковуємо за спаданням:

$$Set_MI = \{MI(x_t^{m_1}, x_{t+1}^{m_2}), MI(x_t^{m_3}, x_{t+1}^{m_4}), MI(x_t^{m_5}, x_{t+1}^{m_6}), \dots\}.$$

Другий етап

Крок 1. Із множини значень взаємної інформації Set_MI вибираємо перші два максимальних значення $MI(x_t^{m_1}, x_{t+1}^{m_2})$ и $MI(x_t^{m_3}, x_{t+1}^{m_4})$. Будуємо множину моделей G вигляду:

$\{ (m_1 \rightarrow m_2; m_3 \rightarrow m_4), (m_1 \rightarrow m_2; m_3 \text{ не залежить від } m_4), (m_1 \text{ не залежить від } m_2; m_3 \rightarrow m_4), (m_1 \text{ не залежить від } m_2; m_3 \text{ не залежить від } m_4) \}$. На відміну від алгоритму побудови статичної мережі з роз-

гляду виключаються всі моделі зі зворотнім зв'язком, тобто ті у яких $x_t^{m_i}$ є предком вершини $x_{t+1}^{m_i}$.

Крок 2. Виконується пошук серед множини моделей G . В параметрі g^* зберігаємо оптимальну мережеву структуру. Оптимальною буде та структура, у якій буде найменше значення функції $L(g, x^n)$ (ОМД структури моделі).

Крок 3. Після того як знайдено оптимальну структуру g^* з G , з множини значень взаємної інформації Set_MI вибираємо максимальне значення: $MI(x_t^{i_next}, x_{t+1}^{j_next})$. За отриманим значенням і структурою g^* будуємо множину моделей G вигляду: $\{ (g^*; i_next \rightarrow j_next), (g^*; i_next \text{ не залежить від } j_next) \}$. Переходимо на крок 2.

Умова закінчення процедури пошуку. Евристичний пошук продовжується до тих пір, поки не буде виконано аналіз визначеного числа елементів множини або ж всіх N^2 елементів множини Set_MI . Як показує практика, у більшості випадків немає сенсу виконувати аналіз більше половини (тобто $\frac{N \cdot N}{2}$) елементів множини Set_MI .

Вихід: оптимальна структура (структури) g^* .

1.6 Приклад побудови динамічної мережі Байєса

Наведемо приклад побудови ДМБ. В даному прикладі використані дані «Augsburg Indoor Location Tracking Benchmarks» [5]. В них зафіксовано переміщення чотирьох осіб в будівлі; дані отримані в період з липня 2003 по січень 2004 року у рамках проекту «Smart Doorplate». Мета: визначити присутність чи відсутність особи у конкретному приміщенні.

На основі цих даних будуємо вибірку з 4-х дискретних змінних:

Вихідні дані

№	Змінна	Позначення	Можливі значення
1	Кімната	ROOM	402, 403, 404, 405, 406, 407, 408, 409, 410, 411, 412, corridor, printer, kitchen, restroom, away
2	Час перебування	DUR	<0.5hr, 0,5-1hr, 1-2hr, 2-3hr, >3hr
3	День тижня	DAY	1, 2, 3, 4, 5
4	Час дня	TIME	9-10, 10-11, 11-12, 12-13, 13-14, 14-15, 15-16, 16-17, 17-18

I. Побудова статичної структури мережі

Обчислюємо значення взаємної інформації між вершинами та ОМД для 3 варіантів структури мережі. Структура, для якої значення ОМД мінімальне, є найкращою. Повторюємо цей етап для всіх вершин у порядку спадання взаємної інформації. В результаті отримуємо статичну структуру мережі, зображену на рис. 6:

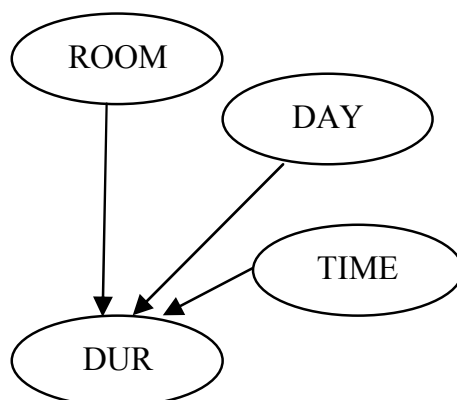


Рисунок 6 – Структура статичної мережі

II. Побудова динамічної структури мережі

Спочатку сформуємо дані для двох часових зрізів t і $t+1$. Для D_t виключаємо з вибірки записи з $\text{TIME} = \text{«17-18»}$ – будемо вважати, що останнє місце перебування не вплине на перше місце наступного робочого дня. Для D_{t+1} виключаємо записи з $\text{TIME} = \text{«9-10»}$, оскільки на них не впливає попереднє місце перебування працівника. Таким чином, отримуємо дані, наведені у табл. 4.

Вихідні дані після попередньої обробки

T				t+1			
ROOM	DUR	DAY	TIME	ROOM	DUR	DAY	TIME
402	<0.5hr	1	9-10	402	1-2hr	1	10-11
402	1-2hr	1	10-11	405	0,5-1hr	1	11-12
405	0,5-1hr	1	11-12	407	0,5-1hr	1	12-13
407	0,5-1hr	1	12-13	kitchen	0,5-1hr	1	13-14
kitchen	0,5-1hr	1	13-14	407	<0.5hr	1	14-15
407	<0.5hr	1	14-15	402	0,5-1hr	1	15-16
402	0,5-1hr	1	15-16	402	1-2hr	1	16-17
402	1-2hr	1	16-17	402	2-3hr	1	17-18

Обчислюємо взаємну інформацію між вершинами сусідніх зрізів та для всіх пар вершин в порядку спадання величини взаємної інформації, перевіряємо критерій ОМД. В результаті отримуємо структуру динамічної мережі Байєса, наведену на рис. 7.

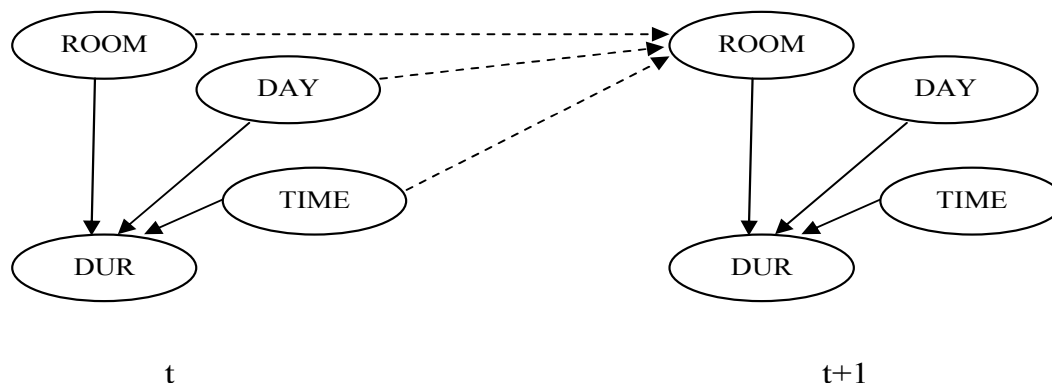


Рисунок 7 – Структура двох сусідніх часових зрізів динамічної мережі

Отримана структура може бути використана для формування ймовірного висновку стосовно ймовірностей перебування осіб у вибраному приміщенні.

Висновки

В роботі розглянуто використання мереж Байєса на конкретних прикладах, зокрема, моделювання, прогнозування та класифікації. Наведені приклади свідчать, що мережі Байєса – сучасний підхід до обробки даних та моделювання процесів різної природи і складності. Також розглянуто основні види мереж Байєса і методика побудови

динамічних мереж. Динамічні мережі Байєса описують динаміку процесу і призначені для прийняття рішень стосовно оцінок його стану в умовах наявності невизначеностей. Для простоти представлення моделі у більшості випадків приймають, що кількість змінних та зв'язки між ними повторюються в кожний наступний момент часу, а властивості ДМБ в цілому відповідають марковському процесу першого порядку.

Побудова динамічної мережі Байєса складається з таких етапів: (1) – побудова статичної структури мережі (що повторюється на кожному інтервалі часу) та (2) – побудова динамічної структури мережі, що включає визначення зв'язків між двома сусідніми інтервалами часу. Отриману структуру використовують для формування висновку на кожному часовому інтервалі.

Отже, динамічні мережі Байєса описують динаміку процесу і призначені для прийняття рішень щодо його поточного стану в умовах наявності невизначеностей. В подальших дослідженнях необхідно застосувати наведену вище методику до фактичних даних та порівняти отримані результати з іншими методами.

ЛІТЕРАТУРА

1. Montesano L., Lopes M., Bernardino A., Jose Santos-Victor. Modeling Affordances using Bayesian networks / IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, San Diego, USA, 2007, 12 p.
2. Maragoudakis M., Tselios N.K., Fakotakis N., Avouris N.M. Improving SMS usability using Bayesian Networks / Wire Communications Laboratory, Technical Report, 2005, 45 p.
3. Madden M.G. A New Bayesian Network Structure for Classification Tasks. – Berlin: Springer, 2002. – pp. 183-197.
4. Бидюк П.И., Терентьев А.Н. Построение и методы обучения байесовских сетей // Таврический вестник информатики и математики. – Симферополь: КНІЦ НАНУ, 2004, № 2, с. 139-153.
5. <http://www.informatik.uniaugsburg.de/en/chairs/sik/research/finished/ailtbenchmarks/>.

НАЗВАННЯ ОСОБЛИВОСТІ ТЕРИТОРІАЛЬНИХ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ВІДХОДАМИ

Анотація. Розглянуто проблему відходів та засади міжнародного і національного регулювання поводження з відходами. Проаналізовано територіальні аспекти проблеми відходів і розроблено структуру територіальної автоматизованої системи управління відходами.

Ключові слова. Автоматизована система управління відходами, захист навколишнього середовища.

Вступ.

У порівнянні з іншими країнами Україна належить до однієї з найбільшими питомими та абсолютними обсягами утворення й накопичення відходів. Характерною особливістю структури економіки України як у минулому, так і в теперішній час є гіпертрофовано велика частка паливно-енергетичної галузі, металургійної та хімічної промисловості. У період 1981-1990 рр. абсолютний обсяг утворення всіх видів відходів в Україні досягав 1,8-1,9 млрд. т щорічно. В наступні роки у зв'язку з наростанням кризових явищ в економіці ці показники значно зменшилися [1].

Обсяг утворення відходів в кінці 90-х та на початку 2000 років складав щорічно 700-750 млн. т. З них приблизно 250-260 млн. м³ утворюються при видобутку та збагаченні корисних копалин, біля 20 млн. т складають металургійні шлаки, близько 10 млн. т золошлакові відходи теплових електростанцій, біля 40 млн. т відходи вуглевидобутку та вуглезбагачення та інші.

На підприємствах України згідно з даними статистичної звітності щороку утворюється 77-82 млн. т токсичних відходів (у т.ч. 1,7 - 2,6 млн. т I-III класу небезпеки). Загальний обсяг накопичення токсичних відходів на початок 2003 року складає біля 3,0 млрд. т., із яких до I-III класів небезпеки належить 18,7 млн. т.

Протягом 90-их та на початку 2000 років продовжувався процес накопичення відходів у промисловому і побутовому секторах. Загальна маса накопичення твердих побутових відходів (ТПВ) на терито-

рії України (у поверхневих сховищах) оцінена в 30-40 млрд. т. Проведені попередні оціночні роботи на об'єктах накопичення промислових відходів дають підстави відносити окремі з них до категорії техногенних родовищ.

Показники утворення й утилізації промислових відходів в Україні за попередні роки відображають зміну тенденцій в утворенні і використанні відходів в напрямку збільшення як обсягів утворення, так і обсягів використання.

На даний час загальна площа, на якій розміщено відходи, досягає 160 тис. га. Побутові відходи в Україні накопичуються на 656 (за даними ООН — 700) звалищах площею понад 2 600 га. Найбільші площі під звалища зайняті в областях: Донецькій - 330 га, Одеській - 195 га, Запорізькій - 153 га, Дніпропетровській - 140 га, Луганській - 129 га, Київській - 120 га, а також в Автономній Республіці Крим - 180 га. Полігони становлять менше 10 % від існуючих звалищ.

Міста України виробляють 30 млн. куб. м в рік (7,5-9,0 млн. т в рік) твердих побутових відходів (ТПВ). В середньому на 1 жителя України припадає 0,8 - 1,0 кг/добу ТПВ. В промислово розвинутих країнах ця величина сягає 1,4 кг/добу. За оцінкою західних фахівців для міста з населенням 2,5 млн. жителів добова кількість відходів складає 1 000 – 2 500 т. В США на збір та транспортування відходів витрачається біля 4 млрд. \$ на рік (12 млн. \$ на добу).

Раціональне управління відходами є завданням не тільки кожного населеного пункту, адміністративно-територіального утворення, але й загальноукраїнською і міжнародною проблемою.

На кінець минулого століття світове співтовариство дійшло висновку, що кінцева межа глобального розвитку визначається також здатністю біосфери асимілювати відходи, що виникають у процесі життєдіяльності. Основоположна мета політики у сфері поводження з відходами повинна бути спрямована на зменшення обсягів утворення відходів і перетворення все більшої їх кількості в ресурси для повторного використання. При реалізації такого підходу акцент робиться на зміні технологічного процесу й продукції з тим, щоб звести до мінімуму загальне утворення відходів. Це здійснюється шляхом контролю і оцінки залучених у виробничий процес природних ресурсів, продуктів і відходів на всіх етапах життєвого циклу: від процесу виробництва до кінцевого споживання. Основною технологічною вимо-

гою стає застосування “найкращої з доступних технологій” для мало-відходного і безвідходного виробництва продукції і переробки відходів.

Виклад основного матеріалу

У 2008 - 2009 роках в Україні розглядались пропозиції і щодо впровадження вкрай необхідної державної науково-технічної програми поводження з відходами [3], яка би комплексно вирішувала проблему починаючи з мінімізації відходів при виробництві і споживанні продукції, утилізації і перероблення твердих побутових відходів, а також нейтралізації небезпечних відходів, технологічного і ресурсного забезпечення переробних підприємств тощо.

Українські нормативні документи формально містять еквівалентні європейським норми і процедури поводження з відходами, однак внаслідок недостатньої інтегрованості в економіку і систему територіального (і державного) управління не дають очікуваного ефекту і не створюють належні стійкі тенденції у вирішенні проблеми відходів в контексті сталого розвитку суспільства.

Територіальний аспект проблеми відходів пов'язаний з усвідомленням того, що наслідком економічного розвитку є збільшення кількості відходів на територіях населених пунктів і адміністративно-територіальних формувань. Зростання промислового виробництва веде до збільшення промислових відходів і промислова продукція після її споживання також перетворюється у відходи. Зростання сільськогосподарського виробництва веде до збільшення сільськогосподарських відходів і сільськогосподарська продукція після її споживання також перетворюється у відходи. Зростання будівельної індустрії веде до збільшення будівельних відходів і об'єкти будівництва з часом потребуватимуть ремонту і спричинятимуть збільшення будівельних відходів. Ріст кількості мешканців у населених пунктах та підвищення їхнього добробуту призводить до зростання споживання і, як наслідок, збільшення кількості побутових відходів, відпрацьованої побутової техніки, старих автомобілів, шин та інших засобів.

Відходи у ХХІ столітті стають предметом великої індустрії і їхнє ефективне використання забезпечуватиме значний ресурс для соціально-економічного розвитку територій, збереження довкілля і створення нових робочих місць.

Територіальний аспект проблеми відходів полягає в тому, що незалежно від походження відходів, їхнього продуцента чи власника і категорії відходів на територіях населених пунктів і адміністративно-територіальних формувань (селищної ради, району, області і держави в цілому) необхідно забезпечити їхню ідентифікацію, акумулювання і цільове (бажано безвідходне) перероблення – конверсію у сировинний чи паливний ресурс або екологічну нейтралізацію і захоронення.

Небезпечні і токсичні відходи повинні збиратися, транспортуватися і перероблятися на спеціалізованих підприємствах за сертифікованими технологіями, що гарантують їхню повну переробку або знешкодження. У разі відсутності таких підприємств на територіях, їх потрібно створити або вивозити відходи для перероблення на підприємства, що розташовані на інших територіях, або відмовитись від виробництв, що продукують такі відходи. Інакше, накопичення небезпечних і токсичних відходів може привести до непередбачуваних для життєдіяльності наслідків.

Промислові, будівельні, побутові та інші відходи, які продукуються на територіях або утворюються внаслідок споживання продукції, що завозиться з інших територій, можуть і повинні перероблятися у сировині і паливні ресурси на місцях виникнення. У разі економічної доцільності, такі відходи, наприклад, чорних і кольорових металів, можуть вивозитись для переробки на спеціалізованих підприємствах, що розташовані на інших територіях і гарантовано забезпечують їхню екологічну конверсію у сировинні та інші ресурси.

У Програмі поводження з твердими побутовими відходами, що була затверджена постановою Кабінету Міністрів України від 04 березня 2004 р. №265, передбачено ряд безумовно необхідних заходів щодо створення умов для підвищення ефективності поводження з ТПВ, в тому числі створення автоматизованої системи управління у сфері поводження з ТПВ в населених пунктах. Виконання Програми дозволило активізувати впорядкування робіт з санітарного очищення населених пунктів і перероблення ТПВ, однак не забезпечує вирішення проблеми відходів в цілому.

Аналізуючи світові, перш за все європейські, тенденції у використанні відходів слід відмітити системний підхід і прагматизм стратегій, спрямованих на зниження ролі матеріальних ресурсів у країнах з розвинутою економікою. Так, можливість направити на переробку

кожен шматок алюмінію означає не тільки зменшення потреби в новому алюмінії, але також дає можливість уникнути частини повторних енергетичних витрат і утворення відходів.

Вторинне використання матеріалів дозволяє зберегти самі матеріали і використану при їх виробництві енергію. Згідно із прогнозами, підвищення ефективності використання енергії, якого досягнуть країни ЄС до 2010 р., буде на 50% результатом підвищення ефективності використання матеріалів. Економія матеріалів та енергозбереження економічно пов'язані між собою.

Найкраще використання відходів досягається при дотриманні наступної послідовності пріоритетів:

1. Запобігання виникненню (при виробництві і споживанні);
2. Зменшення кількості (економія ресурсів);
3. Повторне (відновне) використання матеріалів;
4. Конверсія сировини та енергії в корисні матеріали та альтернативні види палива;
5. Утилізація (захоронення) залишків.

В економічних умовах України при непередбачуваних коливаннях вартості палива раціоналізація поводження з відходами, повторне використання ресурсоцінних матеріалів та енергозбереження видаються необхідними для стабілізації економіки і охорони довкілля. Прийняття рішень у сфері поводження з відходами повинно базуватись на аналізі потоків ресурсів, переробних потужностей, транспортних можливостях, ринкової ситуації та інших складових управління, що за допомогою сучасних інформаційних і логістичних технологій дозволяє проводити багатоваріантне моделювання сценаріїв розвитку ситуації і відслідковувати зміни показників ефективності поводження з відходами.

Територіальні автоматизовані системи управління відходами

(ТАСУВ) могли би стати ефективним інструментом імплементації сучасних підходів до менеджменту ресурсами, в тому числі потенціалом відходів. Для цього необхідно визначити базові принципи побудови і функціонування таких ТАСУВ, означити їх мету та завдання.

До базових принципів організації ТАСУВ відносяться наступні:

1. Прив'язка ТАСУВ до території населених пунктів і адміністративно-територіальних утворень (територіальних органів влади);

2. Ієрархічна сумісність ТАСУВ нижнього рівня (населений пункт, місто) з ТАСУВ верхнього рівня (селищна рада, район, область);

3. Охоплення усіх видів відходів, виробництва і споживання на території (ресурсна комплексність);

4. Охоплення усіх засобів перероблення відходів, включаючи підприємства, потужності та технології (переробна комплексність);

5. Охоплення усіх місць захоронення залишків відходів;

6. Охоплення усіх видів транспортування відходів;

7. Можливість ієрархічного аналізу показників ефективності поводження з відходами на території;

8. Можливість багатоваріантного моделювання / оптимізації показників ефективності поводження з відходами на території (моделювання прийняття управлінських рішень, прогнозування наслідків).

Функціонування ТАСУВ проходить в рамках здійснення повноважень територіальних органів влади щодо реалізації програм соціально-економічного розвитку територій із застосуванням сучасних комп'ютерних інформаційних і логістичних систем.

Метою ТАСУВ є забезпечення неперервного управління відходами на території на основі систематичного комплексного контролю за виробництвом і споживанням, а також екологічним збиранням, транспортуванням, переробленням і захороненням залишків відходів. Типова структура ТАСУВ наведена на рис. 1.

ТАСУВ складається з наступних підсистем:

інформаційно-аналітичної (призначена для збору, обробки і систематизації статичної та оперативної інформації про роботу територіальних об'єктів поводження з відходами);

оперативного аналізу показників ефективності поводження з відходами (призначена для комплексного системного аналізу поточних показників ефективності поводження з відходами в розрізі накопичення, перевезення, перероблення, утилізації, захоронення залишків тощо);

багатоваріантного моделювання ефективності поводження з відходами (призначена для опрацювання варіантів модернізації поводження з відходами шляхом використання нових технологій перероблення, систем сортування і утилізації, схем транспортування тощо);

аналізу ресурсних потоків і відходів (призначена для планування підвищення економічної ефективності поводження з відходами);

документування і звітності (призначена для формування документальної звітності щодо поводження з відходами на території).

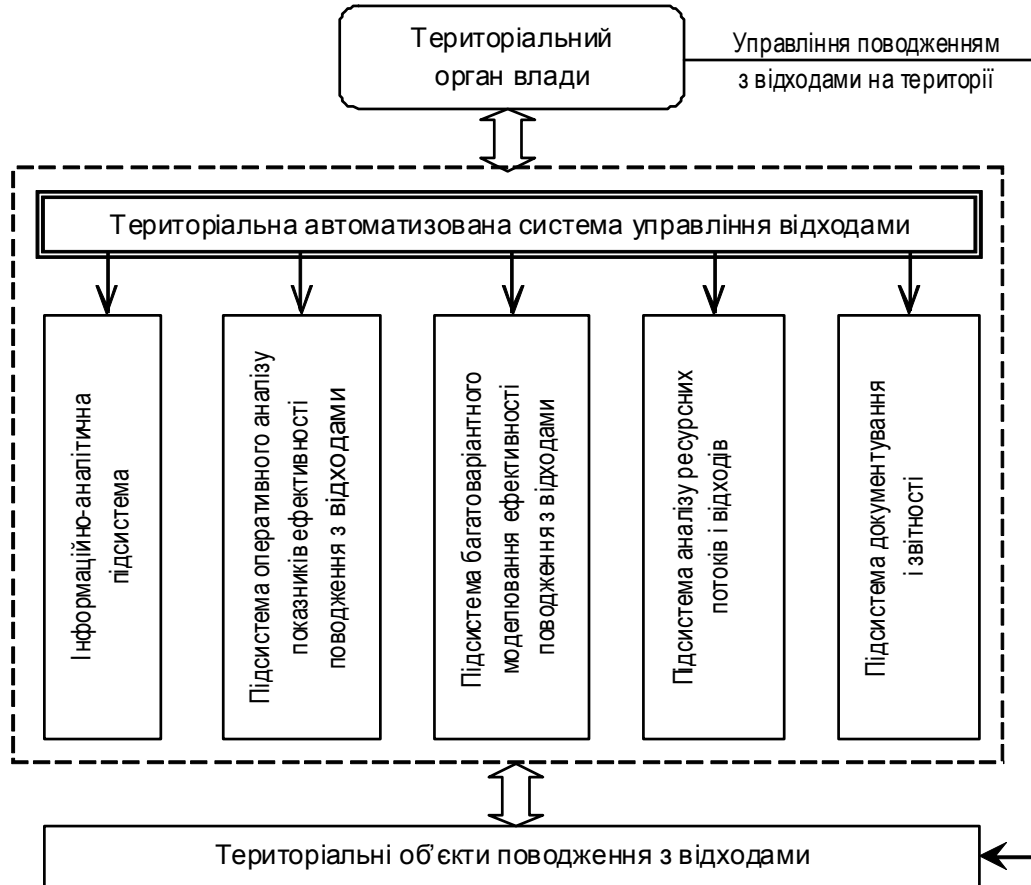


Рисунок 1 – Типова структура територіальної автоматизованої системи управління відходами

Інформаційні потоки пов'язують ТАСУВ з територіальним органом управління і територіальними об'єктами поводження з відходами.

Безпосереднє управління територіальними об'єктами поводження з відходами здійснює територіальний орган управління.

За допомогою ТАСУВ вирішуються наступні основні завдання:

1. Оперативний контроль за ефективністю і екологічністю використанням відходів;
2. Аналіз структури, способів і глибини переробки відходів та степені їх конверсії в корисні матеріали та енергетичні ресурси;
3. Планування підвищення ефективності поводження з відходами.

Впровадження ТАСУВ може проводитись поетапно, починаючи з нижніх рівнів і задач оперативного контролю з поступовим нарощуванням верхніх рівнів і завдань аналізу і планування в рамках єдиної стратегії оптимального використання відходів.

В цілому, впровадження ТАСУВ визначально сприятиме координації підвищення ефективності використання відходів і дозволить планомірно і цілеспрямовано реформувати систему поводження з відходами в Україні.

ЛИТЕРАТУРА

1. Загальний стан загосподарювання відходами та шляхи вирішення проблеми відходів в Україні / М.І. Павлюк, І.В. Дудок, О.В. Гвоздевич, М.Р. Подольський // *Prace Instytutu Nafty i Gazu*, Nr. 164. – Kraków: INIG, 2009. – s. 131-139.
2. Полігони твердих побутових відходів: дегазація та рекультивація. / Бучинська А.В., Гвоздевич О.В., Кульчицька-Жигайло Л.З., Подольський М.Р., Стефаник Ю.В. // - Львів: «Тріада плюс», 2008 р. – 100 с.
3. Бондаренко Б.И., Жовтянский В.А. Проблема утилизации твердых бытовых отходов и обезвреживания опасных отходов в Украине: от проекта концепции – к государственной научно-технической программе. // *Энерготехнологии и ресурсосбережение*. – 2008. – № 4. – С. 63 – 69.

А.В. Самков, В.И. Литвиненко, Ю.А. Захарченко

МЕТОДЫ МОДЕРНИЗАЦИИ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

Аннотация. В работе рассмотрено применение методов проведения модернизации авиационной техники в условиях неопределенности обеспечения проекта ресурсами. Разработана модель построения плана проекта модернизации авиационной техники. Рассмотренный в статье метод решения задачи управления проектами модернизации авиационной техники на основе иммунных алгоритмов показывает достижение необходимой достоверности результатов планирования проведения ее модернизации и обоснование практических рекомендаций в условиях неопределенности финансирования.

Ключевые слова: авиационная техника, авиационный комплекс, воздушное судно, иммунные алгоритмы, алгоритм клонального отбора, управление проектами.

В современных условиях модернизация авиационной техники (АТ) является одним из основных направлений технической политики большинства высокоразвитых государств мира. Ее актуальность, в первую очередь, связана с резким возрастанием стоимости новой АТ, мировым экономическим кризисом и непрерывным процессом старения авиационного парка. Под модернизацией АТ понимается обновление морально и физически устаревших ее образцов на основе замены конструкции, элементной базы, материалов и технологий изготовления с целью улучшения их характеристик и повышения эффективности применения.

Модернизация АТ позволяет, в отличие от закупки новых образцов АТ, привести устаревшую технику до уровня, удовлетворяющему современным требованиям, при затратах на порядок меньших. В связи с чем, модернизация АТ является приоритетным направлением для большинства стран мира, таких как США, Россия, Великобритания, Франция и др. Широкую известность в мире получили такие летательные аппараты (ЛА) военного назначения, как бомбардировщики В-52, Ту-95, истребители F-16, МиГ-21, МиГ-23 и др., которые в результате их модернизации длительное время находились на вооружении. Некоторые из них еще и сегодня находятся на вооружении

ряда государств и отвечают современным требованиям к АТ. Многие пассажирские и транспортные ЛА для удовлетворения все возрастающим требованиям ИКАО также постоянно проходят модернизацию.

Так, например, один из крупнейших в мире транспортных ЛА – Ан-124 в результате модернизации значительно расширил свои функциональные возможности, выполнил требования ИКАО по допустимому уровню шума на местности, точности самолетовождения и др. Взлетная масса и грузоподъемность его в варианте Ан-124-100М-150 повысилась до 402 т и 150 т соответственно, при этом значительно улучшились многие тактико-технические характеристики, в том числе и надежность, повысился уровень его безопасности. В соответствии с требованиями ИКАО модернизированный Ан-124-100М-150 оснащен современными авиационными комплексами и системами, среди которых: система предупреждения столкновения ЛА в воздухе TCAS-2000, система зональной навигации BRNAV, система раннего предупреждения столкновения ЛА с землей TAWS (TTA-12) и др.

Необходимость проведения модернизации образцов АТ требует решения комплекса задач, связанных с обоснованием ее необходимости, определением оптимальных вариантов модернизации для авиационных комплексов (АК) в целом, и формированием оптимальных планов ее проведения.

Решения данного комплекса задач требует разработки методологических аспектов модернизации АТ и на их основе – создания комплексного методического обеспечения, от уровня которого зависит обоснованность принимаемых решений на модернизацию, а также уровни прироста эффективности и затрат на ее реализацию. Состав такого обеспечения должен включать комплекс методов, методик, алгоритмов, критериев. Его разработке посвящен ряд исследований, в результате которых получены научные и практические результаты [1...3]. Так, например, решены задачи по обоснованию целесообразности модернизации ЛА и АК, определению оптимальных вариантов модернизации на основе решения задачи синтеза вариантов модернизации, формированию оптимальных планов ее проведения и др. [2,3].

Вместе с тем, результаты проведения модернизации АТ и управления проектами модернизации напрямую связаны с недостатком различных видов ресурсов (в первую очередь, финансовых), неопреде-

ленностью их поступления, проблемами обеспечения совместимости отечественной технологической и элементной базы с зарубежной, необходимостью продолжения назначенных ресурсных показателей образцов АТ, отсутствием разработчиков и производителей АТ и др.

В связи с чем, вопросы учета условий недостаточности ресурсного обеспечения для программы модернизации авиационного парка и неопределенности его поступления являются, бесспорно, актуальными. Их актуальность требует решения соответствующего комплекса научных задач и создания методического обеспечения модернизации АТ.

Необходимость решения задач модернизации авиационного парка порождает научную задачу по разработке методов управления проектами модернизации парка АТ с учетом ограниченного ресурсного обеспечения в условиях неопределенности его поступления.

Математическая формализация задачи исследований проведена для заданной совокупности характеристик вариантов модернизации АК; объемов финансирования проекта модернизации, сроков поступления ресурсов и др. При этом в условиях принятия решений на реализацию проектов модернизации парка АК (с учетом выделенных объемов финансирования, заданной численности модернизируемых АК) задача реализуемости проектов модернизации имеет приоритет над задачей синтеза и может вносить в ее решение определенные коррективы (ограничения). Например, при недостаточности финансовых ресурсов на реализацию проекта модернизации АК возможно сокращение численности модернизируемых АК, а также выбор вариантов их модернизации с сокращенным (упрощенным) составом оборудования и др.

Задача распределения ресурсов при модернизации парка АК может решаться в различных условиях ее материального и финансового обеспечения. При этом возможны случаи достаточного и недостаточного обеспечения ресурсами, а также поступления этих ресурсов в условиях неопределенности. Важными результатами решения задач в таких условиях для этапа планирования является определение оптимальных вариантов модернизации АК, потребных временных сроков, объемов финансирования, производственных ресурсов, а также основных показателей проекта модернизации парка АК.

Задача управления проектами модернизации и формирование оптимальных (рациональных) планов ее проведения является одной из важных задач модернизации АТ. От результатов ее решения зависят показатели эффективности проекта и затраты на ее проведение [2]. Решение данной задачи представляет определенную сложность, связанную с наличием факторов неопределенности при обеспечении выполнения проекта модернизации с широкой номенклатурой ресурсов, и отсутствием достаточно эффективного математического аппарата. Отмеченное выше и обуславливает необходимость разработки соответствующего методического аппарата, позволяющего осуществлять поддержку принятия решений в условиях неопределенности обеспечения различными типами ресурсов при модернизации АТ.

Результатом решения данной задачи является оптимальное (рациональное) распределение ресурсов между работами и исполнителями при планировании и управлении проектами модернизации АТ. Такой план в условиях неопределенности позволит своевременно и в полном объеме обеспечить потребности проекта и удовлетворять требованиям критерия «*эффективность – стоимость*».

С этой целью в процессе исследований разработан метод и модели решения задачи управления проектами модернизации АТ на основе современного методического аппарата – иммунных алгоритмов [2,3], как эффективного средства управления проектами. Применение данного метода позволило снизить ошибки при планировании модернизации АТ и повысить обоснованность практических рекомендаций в условиях неопределенности обеспечения ресурсами. В качестве факторов, которые имеют неопределенность, рассматриваются объемы и сроки поставки ресурсов (например, финансовых).

В связи с наличием неопределенностей в задаче управления проектами модернизации АК рассмотрена стохастическая постановка научной задачи исследований. Она состоит в нахождении для определенного типа АК такого i -го оптимального варианта модернизации, который обеспечивает максимум математического ожидания целевой функции повышения коэффициента потенциальных возможностей парка АК после модернизации [2] при наличии неопределенности в объемах и сроках финансирования с учетом ограничений на заданные сроки и бюджет модернизации.

Для обеспечения процесса модернизации существует широкая

номенклатура ресурсов и работ, которая определяется объемами финансирования, типами и вариантами модернизации АК. Основными типами ресурсов при этом являются: запасные части, расходные материалы, человеческие, финансовые и временные ресурсы. Очевидно, что изменение некоторого ресурса, или задержка работ приводят к отклонению от плана и роста затрат на проведение модернизации [2].

План модернизации парка АК в общем виде определяется множеством характеристик (1):

$$Pl(x, u, \xi), \quad (1)$$

где $\{x\}$ – определенные характеристики, которые состоят из конечных элементарных множеств и характеризуются вектором параметров:

– $\{A\} \neq \emptyset$ – множество μ -х типов АК, которые подлежат модернизации;

– $\{B\} \neq \emptyset$ – множество характеристик j -х вариантов модернизации μ -х типов АК;

– $\{D\} \neq \emptyset$ – множество характеристик производственных мощностей предприятия, на которых планируется проведение модернизации;

– $\{E\} \neq \emptyset$ – множество характеристик плана модернизации;

$\{u\}$ – закон распределения финансовых ресурсов $u(t)$;

$\{\xi\}$ – характеристики неопределенности модернизации.

Задача сводится к нахождению такого плана $Pl(x, u, \xi)$ оптимального распределения ресурсов $u = \varphi(u_1, u_2, \dots, u_j)$, $u_{opt} \in u$ за μ типами АК с учетом всех вариантов модернизации, который бы обеспечивал максимальный прирост потенциальных возможностей всего парка АК и удовлетворял ограничениям (2):

$$\begin{cases} \sum_{\mu=1}^M s_{\mu} \leq S_{\zeta\alpha\ddot{\alpha}} \\ T_{\hat{\alpha}\hat{\alpha}\hat{u}} \leq T_{\zeta\alpha\ddot{\alpha}} \end{cases}, \quad (2)$$

где s_{μ} – объем финансовых ресурсов, выделенных на модернизацию μ -го типа АК; $S_{\zeta\alpha\ddot{\alpha}}$ – объем финансовых ресурсов, выделенных на программу модернизации;

$T_{общ}$, $T_{зад}$ – сроки проведения модернизации парка АК (общий и предусмотренный программой модернизации, соответственно).

Процесс формирования плана модернизации парка АК можно формализовать по следующей схеме (где M – типы АК, V_{ij} – варианты модернизации определенного типа АК), которая описывает поступление финансовых ресурсов (объемы и сроки), их оценку достаточности, процедуру распределения, оценку результатов выполнения плана модернизации, анализ отклонения от плана и внесения корректив (рис.1). В конечном результате формируется оптимальный (рациональный) план проведения модернизации парка АК.

Одной из основных задач планирования при модернизации АК является распределение ресурсов между мощностями предприятий, на которых будет проходить модернизация. Результатом планирования является календарный план модернизации АК в виде диаграммы Ганта.

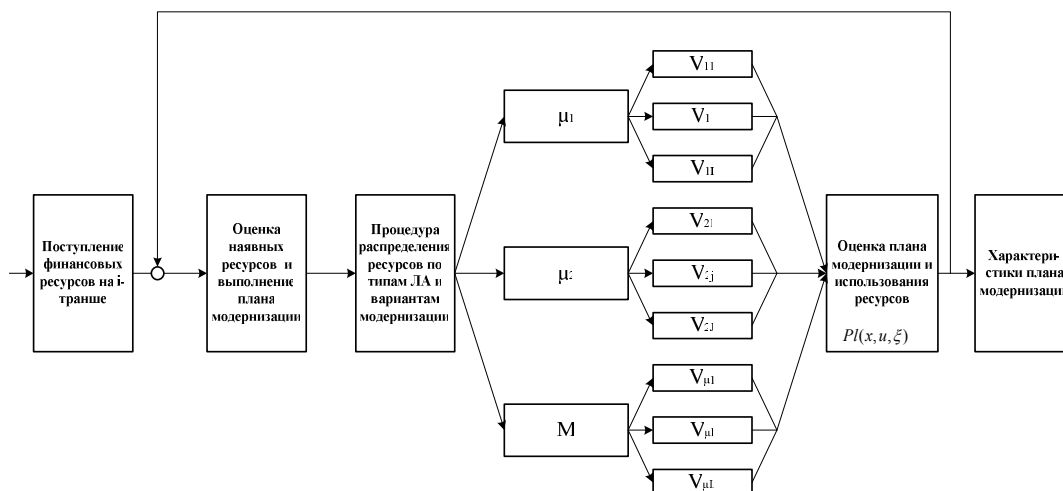


Рисунок 1 – Схема управления формированием плана модернизацией парка АК

С учетом того, что задача составления расписания и оптимизации при управлении проектами является NP -сложной задачей дискретной оптимизации, для ее решения предложен эвристический метод на базе клонального иммунного алгоритма [4,5].

Для построения клонального иммунного алгоритма необходимо определить: образ представления решения задачи в виде антител (ин-

дивидуумов), функцию афинности и процедуру репродукции, которая включает операторы отбора, клонирования и мутации антител [6,7].

Одним из наиболее удобных представлений решения рассмотренной задачи есть трехмерная матрица, осями которой соответственно являются: типы АК, распределенные относительно производственных мощностей для выполнения модернизации; варианты модернизации каждого типа АК; работы по выполнению процесса модернизации.

Для реализации алгоритма клонального отбора и решения задач разработки плана модернизации весь перечень работ по модернизации АК и их ресурсные ограничения формализованы в виде антител. Такой вид формализации представляет собой последовательность плана работ с указанием выполнения или невыполнения определенных работ на данном этапе проведения модернизации.

На основе оценки перечней работ методом неполного перебора формируется результирующий календарный план проекта. Важным условием такой формализации является выполнение требования об обеспечении уникальности всех генов антитела, то есть включение в расписание каждой работы или ресурса только один раз и при этом должны быть выполнены все этапы проекта модернизации АК.

Антиген представлен как целочисленная строка, где ячейки – перечень работ для планирования на объекте, и каждый элемент строки отвечает идентично заданной работе для планирования [8,9].

Основными этапами алгоритма клонального отбора являются:

1. Создание начального пула(m) антител (вариантов решений);
2. Вычисление меры близости каждого антитела;
3. Выбор n лучших (наиболее приспособленных) индивидуумов из m оригинальных антител($n < m$) на основе их меры близости.
4. Размещение каждого из n избранных индивидуумов в n отдельных пулов, которые будут называться элитными пулами.
5. Проведение гипермутации для каждого клона во всех пулах.
6. Определение наиболее приспособленных антител среди мутированных для формирования следующих элитных пулов;
7. Внесение k случайных антител в каждый пул для устранения попадания в локальный оптимум поиска;

8. Определение достижения условия окончания формирования расписаний. Если условие окончания не достигнуто, переходим к этапу 4 [10].

Однако, применение данного алгоритма не учитывает факторы риска, неточности исходных данных и др., что позволяет лишь частично решать проблемы неопределенности при управлении проектами модернизации АТ. В связи с чем, для решения поставленной задачи предложено дополнительно применить аппарат на основе байесовских сетей доверия (БСД) [6,7,12], а также – разработать гибридный подход, основанный на объединении байесовских сетей и искусственных иммунных систем, в котором последние играют роль эффективного вычислительного средства для решения переборных задач.

БСД являются одним из наиболее широко распространенных методов представления знаний с неопределенностью [12, 13]. В общем виде БСД это направленный граф, не содержащий направленных циклов и состоящий из узлов и дуг. Узлы представляют собой случайные переменные, которые могут быть дискретными или непрерывными. Дуги представляют собой причинно-следственные связи между переменными, благодаря чему БСД еще иногда называют причинно-следственными сетями.

Основное назначение БСД – получение информации о недоступных для наблюдения переменных посредством информации, приходящей в наблюдаемые переменные и связей между ними.

Вероятностные распределения для всех переменных сети при управлении проектами модернизации АТ можно определить на основе применения теоремы Байеса и двух правил исчисления вероятностей. Основными преимуществами использования БСД по сравнению с обычными математическими моделями являются: интуитивно понятное и обоснованное представление взаимосвязей аргументов; возможность существования переменной, как в виде аргумента, так и в виде искомого объекта в рамках одной структуры; возможность распространения информации в обоих направлениях байесовской сети [12, 13].

Пример байесовской сети для фрагмента календарного плана выполнения работ при модернизации АТ представлен на рис.2.

Вычисление маргинальных вероятностей вершин, соответствующих завершающим этапам различных вариантов плана модерни-

зации, производится на основе методики прямого распространения информации в байесовской сети[13]:

$$p^{\circ}(v|P^{\circ},\lambda), \quad (3)$$

где p° – условная вероятность наступления события v , а именно завершения текущего этапа при известных исходах родительских этапов P° по отношению к данному и известной информации о текущем этапе.

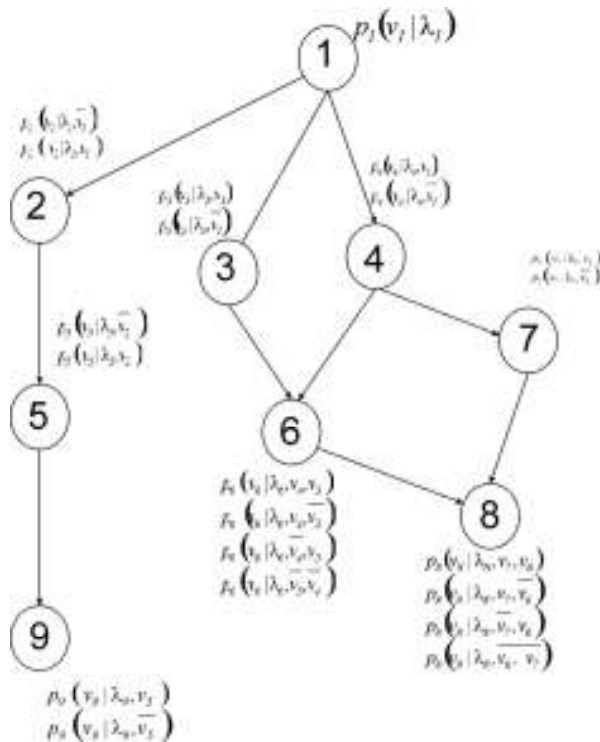


Рисунок 2 – Байесовская сеть прогнозирования реализуемости плана модернизации АТ

Например, для варианта плана (рис.2) такая вероятность будет вычисляться на основе выражения:

$$p(v_9) = \sum_{v_5} \left(p_9(v_9 | \lambda_9, v_5) \cdot \sum_{v_2} \left(p_5(v_5 | \lambda_5, v_2) \cdot \sum_{v_1} p_2(v_2 | \lambda_2, v_1) \cdot p_1(v_1 | \lambda_1) \right) \right) \quad (4)$$

На следующем шаге алгоритма проводится проверка на удовлетворение плана модернизации АТ (1) ограничениям (2) – объему финансовых ресурсов, выделенных на программу модернизации; и сроку реализации всей программы модернизации $T_{\text{общ}} \leq T_{\text{зад}}$. При этом составляется расписание загрузки производственных мощностей модерни-

зируемых ЛА и решается задача оптимизации. Такое расписание должно удовлетворять следующим условиям:

- пиковая загрузка производственных мощностей при одновременной модернизации нескольких ЛА не должна превышать имеющихся резервов;
- затраты на финансирование модернизируемых ЛА на протяжении всего допустимого срока должны распределяться таким образом, чтобы не превышать выделяемые на данный момент времени объемы финансовых средств.

Порядок финансирования проекта модернизации АК может быть представлен в виде функции распределения финансовых поступлений во времени $C(t)$, а общий объем производственных мощностей j -го типа – как R_j . На основе оптимизации полученных планов находим такое взаимное расположение диапазонов t_i , которое будет обеспечивать удовлетворение приведенных выше условий при минимизации общего срока реализации программы $T_{общ}$ с учетом ограничения $T_{общ} \leq T_{зад}$.

Применение аппарата на основе БСД позволило разработать модель модернизации парка АК с учетом неопределенностей, в которой на вход подаются данные про ресурсы модернизации и проводится оценка потребностей в этих ресурсах.

На следующем этапе на основе иммунных алгоритмов решается задача оптимального распределения ресурсов для выполнения модернизации АК, формируется набор календарных планов и из этого набора выбирается наилучший.

Таким образом, на основе формализации и решения задачи исследования, разработаны: концептуальный подход к решению задач модернизации АТ и структурно-функциональная модель решения задачи управления проектами модернизации АТ на основе алгоритмов искусственных иммунных сетей и байесовских сетей доверия (рис. 3). Применение предложенной модели позволяет получить календарный план выполнения модернизации парка АК с учетом всех указанных условий и ограничений.

На рис. 4 в зависимости от шага итерации модифицированного иммунного алгоритма (ось X) и времени, за которое достигается оптимальное решение для задачи планирования (ось Y), приведена ско-

рость сходимости алгоритма в зависимости от размера начальной популяции. Из анализа графиков следует, что самая быстрая сходимость получается при размере популяции больше чем 100 особей. Нахождение наиболее оптимального варианта расписания по времени также отвечает начальным популяциям, которые включают 100 и больше антител.

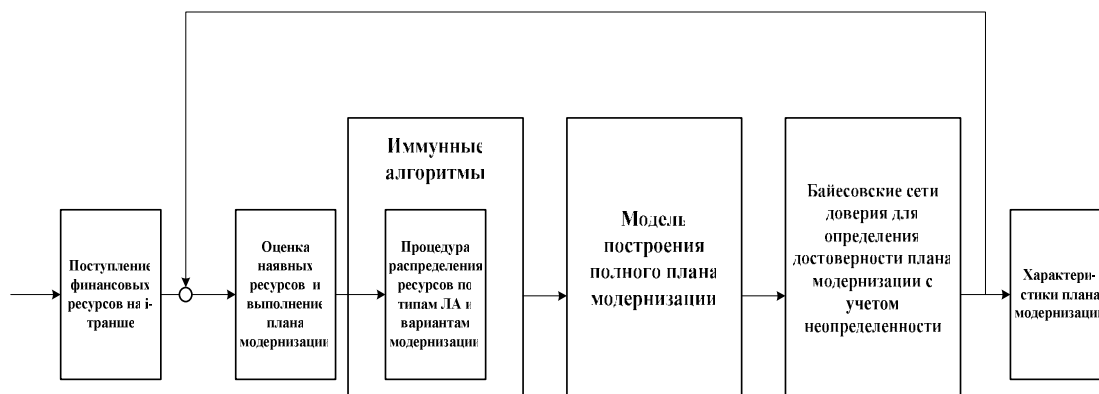


Рисунок 3 – Структурно-функциональная модель формирования планов модернизации АК

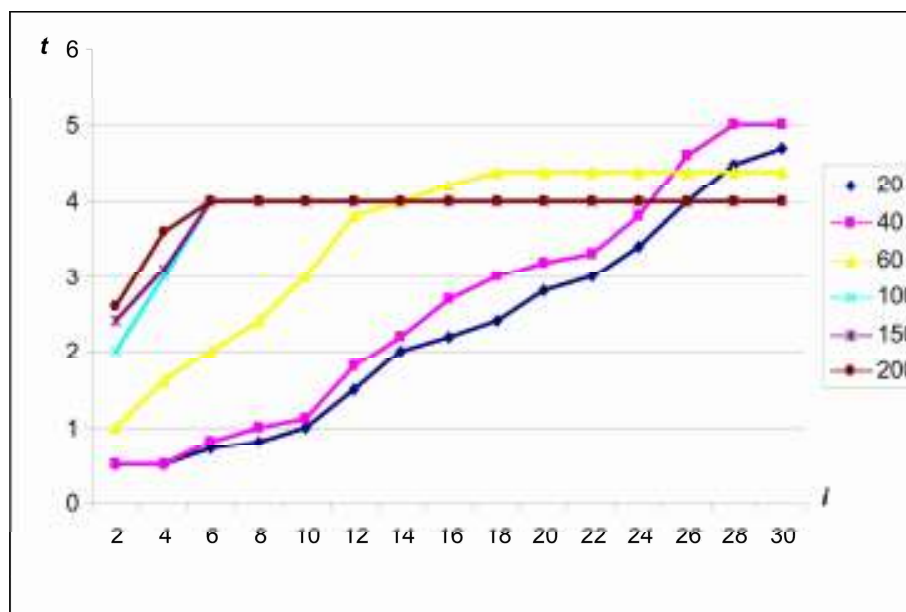


Рисунок 4 – Скорость сходимости алгоритма в зависимости от размера начальной популяции

Для сравнительной оценки разных алгоритмов при решении задачи планирования модернизации АК проведена их оценка на скорость сходимости. Сравнивались три алгоритма: простой иммунный алгоритм клонального отбора, генетический алгоритм и модифициро-

ванный иммунный алгоритм для решения задачи календарного планирования процесса модернизации АК.

Из анализа полученных результатов (рис. 5) следует, что наиболее высокую скорость сходимости показывают иммунный алгоритм и модифицированный иммунный алгоритм.

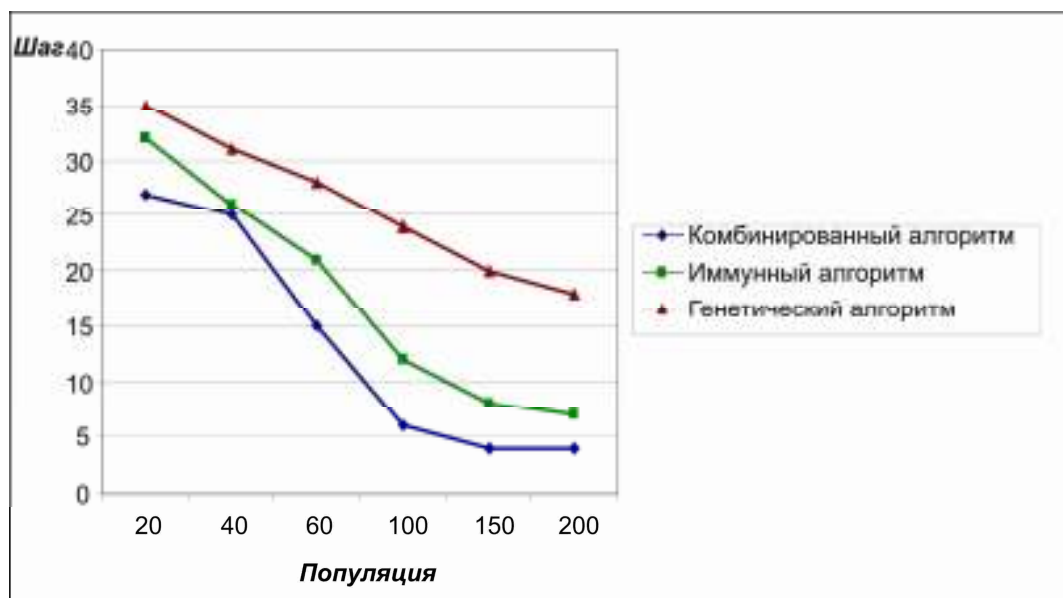


Рисунок 5 – Скорость сходимости разных алгоритмов

Таким образом, в результате проведенных исследований разработана модель построения планов модернизации АК и предложены методы решения задачи на основе комбинированного использования алгоритмов искусственных иммунных систем и байесовских сетей доверия. Их применение позволяет решать задачу управления проектами модернизации в условиях неопределенности поступления ресурсов.

Применение данного методического подхода на практике позволяет поднять достоверность результатов планирования при обосновании планов модернизации в условиях неопределенности поступления ресурсов и минимизировать необоснованные затраты ресурсов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Самков О.В. Методичні складові щодо вирішення задач модернізації парку авіаційної техніки в сучасних умовах//Вісник НАУ.– 2008.– №1.– С.22–25.
2. Самков О.В., Литвиненко В.І., Ломавацький І.Є., Захарченко Ю. А. Оптимізація розподілу фінансів між проектами на основі клонального імунного алгоритму// Інтелектуальні системи прийняття рішень та проблеми обчислювального інтелекту: Матеріали науково

- практичної конференції. – Євпаторія: ХНТУ.– 2008. – Т. 3. – С.182–189.
3. Ю.А. Захарченко, С.Ю. Качур, О.В. Корнієнко та ін. Методика вирішення завдань управління проектами модернізації авіаційної техніки// Вестник Херсонского національного технического университета, №1(34), 2009. С.
4. Mori K., Tsukiyama M., Fukuda T. Immune algorithm and its application to factory load dispatching planning// 1993 JAPAN – USA Symp. On flexible Automation, 1994. P. 1343–1346.
5. Wu A.S., Yu H, Jin S., Lin K.-C., and. Schiavone G. An incremental genetic algorithm approach to multiprocessor scheduling. IEEE Trans. on Parallel and Distributed Systems, 15(9): P. 824–834, 2004.
6. Doyen A., Engin O., Ozkan C., “A New Artificial Immune System Approach to Solve Permutation Flow Shop Scheduling Problems”, Turkish Symposium on Artificial Immune Systems and Neural Networks TAINN’03, 2003.
7. Kacem I., Hammadi S. and Borne P., “Pareto-optimality Approach for Flexible Job-Shop Scheduling Problems: Hybridization of Evolutionary Algorithms and Fuzzy Logic”, Mathematics and Computer in Simulation, vol. 60, P. 245–276, 2002.
8. de Castro Leonardo N and Timmis Jonathan. Artificial Immune Systems: A new computational intelligence approach. – Great Britain, 2002. – 357 p.
9. Hart E. and Ross P.. An immune system approach to scheduling in changing environments. In GECCO-99: Proceedings of the Genetic and Evol. Comp. Conference. Morgan Kaufmann.
10. Ong Z.X., Tay J.C., Kwoh C.K. Applying the clonal selection principle to find flexible job-shop schedules // Artificial Immune Systems 4th International Conference, ICARIS 2005 Banff, Alberta, Canada, August 14-17, 2005 Proceedings, P. 442–455.
11. Chen J., Mahfouf M. A population adaptive based immune algorithm for solving multi-objective optimization problems // Artificial Immune Systems 5th International Conference, ICARIS 2005 Banff, Alberta, Canada, August 14-17, 2006 Proceedings, P. 280–293.
12. Heckerman D. A tutorial on learning with Bayesian Networks. – Microsoft Tech. Rep. MSR-TR-95-6, 1995.
13. Jensen F. V. Bayesian networks basics. Tech. Rep. Aalborg University, Denmark, 1996.

КОМПЛЕКСНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ И ТЕОРИИ ИГР ДЛЯ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ АГРОПРОЦЕССАМИ

Аннотация. в статье рассмотрены основные этапы разработки системы поддержки принятия решений, предназначенной для оптимального управления агропроцессами. Целью управления является одновременное достижение устойчивой урожайности, высокой рентабельности производства сельскохозяйственных культур и сохранение плодородия почвы. Предложена методика применения математического аппарата теории игр для повышения качества управления состоянием агроэкосистемы.

Ключевые слова: принятие решений, управление, агропроцессы, теория игр.

Важнейшей задачей рационального управления состоянием агроэкосистем является принятие решений по выбору значений антропогенных факторов земледелия (удобрения, обработка почвы) с целью достижения показателей эффективности (урожайности культур, рентабельности сельскохозяйственного производства, качества продукции, плодородия почвы). Анализ литературы [1,2,3,4] показывает, что существующие модели агропроцессов (балансовые модели, регрессионные модели, имитационные модели) имеют частный узконаправленный характер.

Это проявляется в том, что экономические, 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, рекомендации по управлению технологическими процессами в земледелии 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;

© Тезик К.А., 2009

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.

На Льговской опытно-селекционной станции проводились полевые опыты, изучающие влияние вносимых удобрений на урожайность культур севооборота и содержание гумуса в почве.

Для систематизации данных полевых опытов, а также их обработки с целью получения математических моделей представляем данную информацию в виде баз данных на ЭВМ.

В среде СУБД Visual FoxPro 9.0 было сформировано три базы данных.

База данных POGODA включает в себя информацию о погодных условиях в течении 65 лет на территории проведения полевых опытов.

База данных AGRONOM содержит информацию об уровне урожайности культур в трех повторностях при различных вариантах внесения минеральных и органических удобрений и различных погодных условиях.

База данных EKOLOG включает в себя информацию об уровне содержания гумуса на начала ротаций при различных вариантах внесения минеральных и органических удобрений.

Также разработана программа, предназначенная для обработки баз данных POGODA, AGRONOM, EKOLOG. Она включает в себя модули выбора базы данных, ввода, просмотра и редактирования информации, вывода данных на печать, расчета гидротермического коэффициента (ГТК) и средней урожайности культур при определенных вариантах погодных условий и вносимых удобрений.

Результаты первичного анализа и систематизации исходных данных многолетних полевых опытов позволяют перейти к разработке регрессионных моделей зависимости урожайности культур от удобрений и погодных условий, а также регрессионных моделей зависимости содержания гумуса от вносимых удобрений. С этой целью разработан программный модуль, позволяющий формировать планы активных экспериментов по заданным схемам и информации содержа-

щейся в базах данных.

Рассмотрим основные элементы разработки комплексной модели агроэкосистемы, предназначенной для прогнозирования урожайности, рентабельности производства сельскохозяйственных культур при условии сохранения плодородия почвы.

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 $3 \times 3 \times 2$:

$$Y_1 = 34,32 \cdot X_1 + 59,88 \cdot X_2 + 23,27 \cdot X_3 + 21,52 \cdot X_{12} - 24,82 \cdot X_{22} - 2,52 \cdot X_1 \cdot X_2 - 0,03 \cdot X_1 \cdot X_3 - 12,79 \cdot X_2 \cdot X_3 + 333,88. \quad (1)$$

Здесь Y_1 – 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.

$$Y_{гум.} = 0,127 \cdot X_2 + 0,396 \cdot X_3 - 0,9 \cdot X_2 \cdot X_3 - 0,622 \quad (2)$$

Здесь $Y_{гум.}$ – 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:

$$R_2 = \left(\frac{C_{ур2} \cdot Y_2}{C_{б2} + C_{уб.2} \cdot (Y_2 - Y_{б2}) + C'_2} - 1 \right) \cdot 100\% \quad (3)$$

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.

На основе объединения результатов ранее проведенных исследований разработан имитационный алгоритм, описывающий функционирование агроэкосистемы во времени. Он реализован в виде программы на ЭВМ в среде Delphi. Алгоритм 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, варианты вносимых минеральных и органических удобрений. 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.

На основании разработанных методов, алгоритмов и моделей предлагаем структурную схему системы поддержки принятия реше-

ний (СППР) для управления состоянием агроэкосистемы (рис 1), позволяющую рационализировать процесс внесения удобрений. Основу предлагаемой СППР составляет алгоритм имитационной модели агроэкосистемы.

СППР работает в следующем режиме.

1. Пользователь (агроном, фермер) вводит в диалоговом режиме в ЭВМ исходные данные, поступающие на вход алгоритма имитационной модели (экономические параметры, диапазоны урожайности культур, которые выбираются исходя из критериев принятия решений, а также варианты вносимых удобрений, стабилизирующие гумус).

2. СППР реализует алгоритм имитационной модели агроэкосистемы и выдает пользователю результаты прогнозов агроэкономической эффективности системы.

3. На основании результатов прогноза пользователь принимает решения по определению количества вносимых удобрений.

1. Достижение максимальной урожайности одной из культур севооборота при ограничениях на устойчивую урожайность других культур, рентабельность сельскохозяйственного производства и сохранение гумуса в почве.

2. Достижение максимальной рентабельности сельскохозяйственного производства при ограничениях на устойчивую урожайность культур севооборота и сохранение гумуса в почве.

3. Минимальное внесение минеральных удобрений, обеспечивающее наименьшее поступление в почву токсичных веществ при ограничениях на агроэкономическую эффективность системы и сохранение гумуса в почве.

4. Максимальный рост гумуса за счет внесения органических удобрений при условии исключения минеральных удобрений.

В первых двух задачах рассматриваются вопросы рационального земледелия, и одновременно с этим учитываются требования по сохранению плодородия почвы. Третья и четвертая задача соответствуют той ситуации, когда в результате неправильной эксплуатации земель произошло загрязнение почвы токсичными веществами, снизилось содержание гумуса и на первом месте стоят цели восстановления плодородия почвы и управления в области охраны окружающей среды.

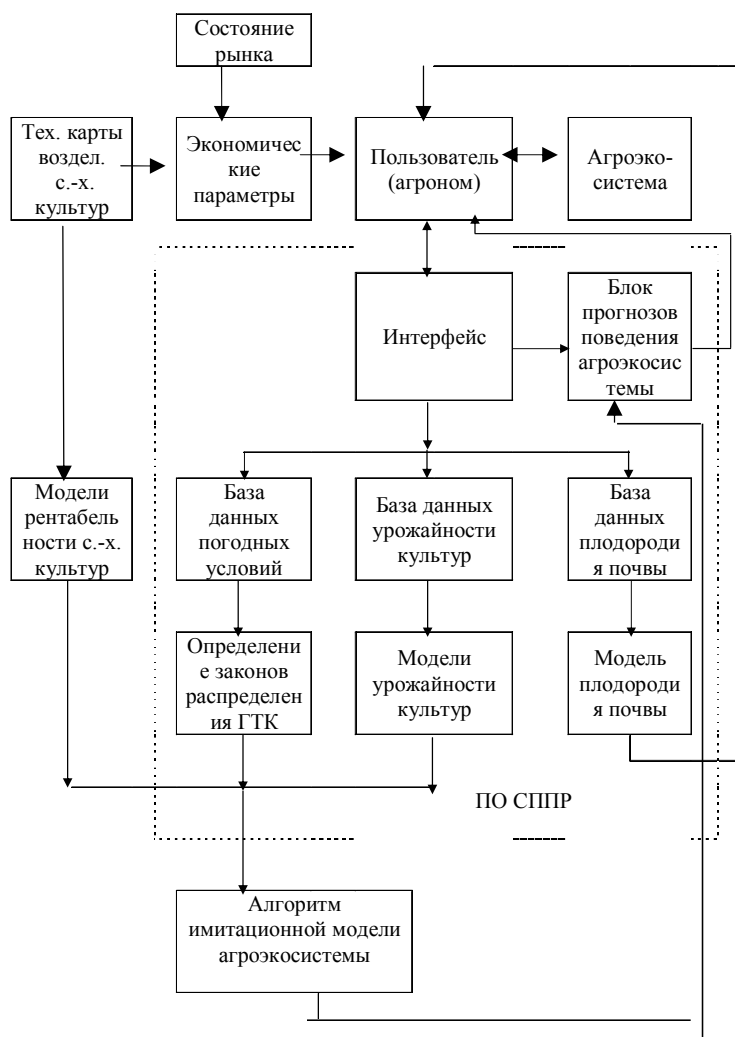


Рисунок 1 – Структурная схема СППР для управления состоянием агроэкосистемы СППР позволяет решать следующие основные типы задач управления состоянием агроэкосистемы.

Рекомендации по рациональному управлению состоянием агроэкосистемы для различных вариантов оптимизационных задач имеют вид.

Для достижения максимальной экономической эффективности сельскохозяйственного производства при устойчивой урожайности сахарной свеклы выше 300 ц/га, зерновых выше 32 ц/га требуется внесение 1,6 дозы минеральных удобрений, 1,66 дозы органических удобрений. При этом достигается средняя по всем культурам рентабельность производства, равная 145,6%.

Для достижения максимальной урожайности сахарной свеклы (411ц/га) при устойчивой урожайности зерновых культур выше 32 ц/га и средней по всем культурам рентабельности выше 75 % требу-

ется внесение 2 дозы минеральных и 1,7 органических удобрений.

Для достижения максимальной урожайности озимой пшеницы (41,5 ц/га) и озимой ржи (41 ц/га) при устойчивой урожайности сахарной свеклы выше 300 ц/га и средней по всем культурам рентабельности выше 75% требуется внесение 2,3 дозы минеральных и 1,75 дозы органических удобрений.

Для достижения максимального роста гумуса (0,17% за ротацию) можно рекомендовать внесение двух доз органических удобрений.

Также была рассмотрена задача оптимального управления состоянием агроэкосистемы в целях охраны окружающей среды. В монографии [5] отмечено, что вместе с минеральными удобрениями в почву и сельскохозяйственную продукцию поступают тяжелые металлы (свинец, цинк, кадмий), нитраты, хлор. Поэтому с точки зрения альтернативного экологического земледелия представляет интерес следующая задача: минимальное внесение минеральных удобрений, обеспечивающее устойчивую урожайность культур. Для решения данной оптимизационной задачи можно рекомендовать внесение 1,3 дозы минеральных и 1,637 дозы органических удобрений. При этом достигается устойчивая урожайность зерновых культур выше 32 ц/га, а сахарной свеклы выше 300 ц/га.

Для более точного расчета количества вносимых удобрений в условиях стохастической неопределенности погодных условий можно рекомендовать совместное использование модели агроэкосистемы и математического аппарата теории игр с природой. Сущность данного методического подхода заключается в следующей последовательности действий.

1. Провести долгосрочное прогнозирование агроэкосистемы при нескольких, например, пяти-шести вариантах погодных условий.

2. Принять рациональные решения по управлению состоянием для каждого варианта погоды отдельно.

3. Рассчитать матрицу рисков. В качестве рисков принимаем разницу между максимальной урожайностью, рентабельностью в случае, если стратегия управления внесением удобрений и вариант погодных условий соответствуют друг другу и урожайностью, рентабельностью при отсутствии этого соответствия. Если заданы ограничения по устойчивой урожайности, минимальной допустимой рентабельности, то за риск мы принимаем разницу между допустимым ог-

раничением и получившейся в результате прогноза урожайностью, рентабельностью при отсутствии соответствия.

4. Выбрать наилучшую на рассматриваемом множестве вариантов погодных условий стратегию управления состоянием агроэкосистемы. При этом следует руководствоваться критерием минимаксного риска Сэвиджа [6]. Этот критерий рекомендует в условиях стохастической неопределенности выбирать ту стратегию управления, при которой величина максимального риска принимает наименьшее значение в самой неблагоприятной ситуации.

Выбор данного критерия вытекает из природы самой задачи. Агроном, фермер в первую очередь заинтересован избежать высоких рисков при получении устойчивой урожайности культур независимо от погодных условий.

Рассмотрим результаты решения задачи достижения максимальной урожайности озимой ржи, при двух сценариях погодных условий, полученных по заданному закону распределения гидротермического коэффициента.

При первом сценарии погодных условий мы получили следующее оптимальное решение: внесение минеральных удобрений – 2,3 дозы, органических – 1,75 дозы, а при втором сценарии внесение минеральных удобрений – 1,8 дозы, органических 1,68 дозы. Матрица рисков имеет вид:

Таблица

Матрица рисков

	П1	П2
A1	0	Рентабельность озимой ржи ниже минимального заданного уровня на 3,4%
A2	Недобор 0,5ц урожая озимой ржи	0

Здесь A1, A2 – варианты вносимых удобрений, П1 и П2 – варианты сценариев погодных условий.

При внесении 2,3 дозы минеральных удобрений и 1,75 дозы органических удобрений мы рискуем получить рентабельность озимой ржи 71,6%, что на 3,4% ниже минимального заданного уровня.

При внесении 1,8 дозы минеральных удобрений и 1,68 дозы органических удобрений имеется риск недобрать 0,5ц озимой ржи, по-

лучив вместо 41ц/га урожай, равный 40,5 ц/га.

Окончательное решение по выбору варианта вносимых удобрений принимает агроном, фермер, исходя из матрицы рисков и приоритетности экономического критерия или критерия биопродуктивности.

Предложенный методический подход к управлению состоянием агроэкосистемы позволяет учесть несколько вариантов погодных условий и этим избежать высоких рисков недобора урожая, а также недостаточно высокой рентабельности сельскохозяйственных культур.

Таким образом, в результате проведенных исследований разработана система поддержки принятия решений, предназначенная для рационального управления агропроцессами. Предложена методика комплексного применения математической модели агроэкосистемы и теории игр с природой. Она учитывает стохастическую неопределенность погодных условий и повышает точность принятия решений по определению количества вносимых удобрений в севообороте культур.

ЛИТЕРАТУРА

1. Образцов А.С. Системный метод: применение в земледелии.- М.: Агропромиздат, 1990 - 303 с.
2. Шатилов И.С., Чудновский А.Ф. Агрофизические, агрометеорологические основы программирования урожаев. - Л.: Гидрометеиздат, 1980.-320 с.
3. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта.- М.: Агропромиздат, 1985.-351 с.
4. Державин Л.М., Рубанов И.А. Вид и анализ производственной функции «урожай-удобрение»//Агрохимия.1975.-№4.-С.124-130.
5. Черников В. А., Алексахин Р. М., Голубев А. В. Агроэкология.- М.: Колос, 2000, 536 с.
6. Вентцель Е. С. Исследование операций. М.: Советское радио, 1972. - 552 с.

І.Г. Цмоць, М.Р. Подольський

ПРОЕКТУВАННЯ БАГАТОКАНАЛЬНОГО ПРИСТРОЮ ОБМІНУ ДАНИМИ ДЛЯ АСУ ТП З ПРОМИСЛОВОЮ МЕРЕЖЕЮ

Анотація. Вибрано підходи та принципи побудови пристроїв обміну, вдосконалено метод безконфліктного паралельного обміну, розроблено багатоканальний швидкісний пристрій обміну у реальному часі для АСУ ТП з промисловою мережею.

Ключові слова. Автоматизовані системи управління технологічними процесами, багатоканальний пристрій обміну даними промислової мережі.

Постановка проблеми

Для ефективної взаємодії в реальному часі між компонентами (давачами, виконавчими механізмами, промисловими контролерами) сучасних АСУ ТП широко застосовуються промислові мережі, які використовують технологію польових шин, перевагою якої є: збільшення віддалей, спрощення управління давачами і виконавчими механізмами; спрощення процедури розширення та нарощення можливостей системи; забезпечення дистанційного налаштування давачів і проведення їх діагностики [1,2].

В АСУ ТП управління та збір даних здійснюється в реальному часі, що накладає обмеження на час розв'язання задачі управління T_p , який не повинен перевищувати час обміну повідомленнями $T_{обм}$, тобто:

$$T_p \leq T_{обм}. \quad (1)$$

При виконанні даної умови забезпечується розв'язання задачі без накопичення затримок. Час обміну залежить як від обсягу N і розрядності n вхідних даних, так і від розрядності n_k та частоти F_d надходження даних у каналах. Даний час визначається за формулою:

$$T_{обм} = \frac{Nn}{F_d n_k}. \quad (2)$$

Для забезпечення обробки даних в реальному часі за алгоритмами з складністю R продуктивність обчислювальних засобів Π повинна бути:

$$\Pi \geq \frac{\beta R F_d n_k}{N n}, \quad (3)$$

де β – коефіцієнт врахування особливостей засобів реалізації алгоритму; R – кількість операцій, необхідних для реалізації алгоритму управління.

Використання в АСУ ТП промислової мережі, побудованої на технології польових шин, має такі недоліки: низьку надійність, яка пов'язана з тим, що при обриві кабелю втрачається можливість отримувати дані і керувати пристроями приєднаними до обірваної частини кабелю; невисока швидкодія, яка пов'язана з послідовним у часі доступі до компонентів системи [1,2].

Тому актуальною задачею в АСУ ТП з промисловою мережею, побудованою за технологією польових шин є підвищення швидкодії та надійності та збільшення множини ведучих пристроїв, що реалізують режим звертання багатьох до багатьох.

Формулювання мети дослідження

Основною задачею АСУ ТП з промисловою мережею є збільшення множини ведучих пристроїв в мережі, що реалізують режим звертання багато до багатьох, підвищення швидкодії та надійності управління та збору даних [1]. Розв'язати таку задачу можна шляхом розробки на базі буферної пам'яті багатоканального пристрою обміну з промисловою мережею. Такий пристрій повинен забезпечувати розпаралелювання процесу управління та збору даних у мережі, збільшувати множину ведучих пристроїв, що реалізують режим звертання багато до багатьох і зводити до мінімуму проблеми, пов'язані синхронізацією роботи компонентів у АСУ ТП.

Поява на ринку мікросхем пам'яті з великим об'ємом та малим часом циклу запису і читання, спонукала до розробки на їх основі багатопортової пам'яті (БПП), яку будемо використовувати як буферну пам'ять [3-7]. Організація обміну на основі БПП ґрунтується на принципі часового розподілу ресурсів пам'яті між вузлами, що під'єднуються до неї. Безконфліктний паралелізм обміну між вузлами висуває свої вимоги до багатоканальних пристроїв обміну з буферизацією даних, які насамперед пов'язані з необхідністю забезпечення швидкісного паралельного доступу до множини даних і високою ефективністю використання обладнання. Для забезпечення таких вимог архітектура багатоканальних пристроїв обміну з буферизацією

даних повинна адаптуватися до інтенсивності надходження даних. При розробці багатоканальних пристроїв обміну з використанням технології польової шини з високою ефективністю використання обладнання необхідно узгодити інтенсивність надходження даних з інтенсивністю доступу до БПП.

Мета роботи полягає у вдосконаленні методу безконфліктного паралельного обміну, розробці основних вузлів і синтезі на їх основі багатоканального пристрою обміну в реальному часі з буферизацією даних для АСУ ТП з промисловою мережею.

Виклад основного матеріалу

Вибір підходів і принципів реалізації багатоканального пристрою обміну. Пропонується розробку багатоканального пристрою обміну з буферизацією даних для АСУ ТП з промисловою мережею здійснювати на базі інтегрованого підходу, який охоплює: безконфліктні паралельні методи обміну, методи синтезу, структури БПП та сучасну елементну базу [3].

Для забезпечення високої ефективності використання обладнання та розпаралелювання процесу управління і збору даних, багатоканальний пристрій обміну з буферизацією даних пропонується реалізовувати за такими принципами:

- узгодженість інтенсивності надходження даних від вузлів АСУ ТП з інтенсивністю доступу до БПП;

- змінний склад обладнання, що передбачає наявність ядра пристрою та змінних модулів, за допомогою яких ядро адаптується до вимог конкретного застосування;

- модульність, що передбачає розробку компонентів багатоканального пристрою обміну з буферизацією даних у вигляді функціонально завершених модулів.

У багатоканальному пристрої обміну з буферизацією даних забезпечення високої ефективності використання обладнання досягається шляхом узгодження інтенсивності надходження даних

$$P_d = \sum_{i=1}^m n_{di} F_{di}, \quad (4)$$

з інтенсивністю доступу до БПП

$$P_{БПП} = \sum_{i=1}^m n_i F_i, \quad (5)$$

де P_d , - інтенсивність надходження даних; p_{di} – розрядність каналів надходження даних від i -го пристрою; F_{di} – частота надходження даних від i -о пристрою; m – кількість пристроїв, що під'єднуються до пристрою обміну, РБПП, - інтенсивність доступу до БПП; p_i – розрядність i -го каналу надходження даних до БПП; F_i – частота надходження даних в i -у каналі до БПП. Для реалізації такого узгодження використовуються методи і засоби послідовно-паралельного та паралельно-послідовного перетворень [8]. При реалізації перетворень необхідним є виконання наступної умови:

$$P_d \leq P_{БПП}. \quad (6)$$

Значення РБПП залежить як від швидкодії, так і від розрядності запам'ятовуючого середовища. Основною метою синтезу багатоканального пристрою обміну з буферизацією даних є отримання орієнтованої на НВІС-реалізації структури, яка забезпечує узгодження інтенсивності надходження даних з інтенсивністю доступу до БПП та має високу ефективність використання обладнання [6,9]. Вихідною інформацією для синтезу багатоканального пристрою обміну з буферизацією даних є:

- кількість вузлів АСУ ТП, що підключаються до пристрою обміну;
- швидкодія обміну в промисловій мережі;
- кількість і розрядність даних при обміні.

Для розробки багатоканального пристрою обміну з буферизацією даних використаємо метод часового розподілу ресурсів одновимірного запам'ятовуючого середовища. Даний метод вимагає для своєї реалізації менших апаратних затрат у порівнянні з іншими. Реалізацію методу часового розподілу ресурсів одновимірного запам'ятовуючого середовища доцільно використовувати у випадку виконання наступної умови:

$$T_{min} \geq m \cdot t_{ц}, \quad (7)$$

де T_{min} - найменший з періодів звертання пристроїв до БПП; $t_{ц}$ - цикл доступу до одновимірного запам'ятовуючого середовища; m – кількість пристроїв, що мають доступ до БПП. Виконання умови (7) дозволяє синтезувати пристрій обміну з інтенсивністю доступу, яка забезпечує роботу у реальному часі. Період T_{min} залежить від розрядності даних n , якими здійснюється обмін, і від швидкості їх передачі F_d в промисловій мережі (послідовному інтерфейсі). Значення періоду T_{min} обчислюється так:

$$T_{min} = \frac{n}{F_d} \quad (8)$$

Знаючи T_{min} можна визначити t_d запам'ятовуючого середовища, яке повинно забезпечувати обмін даними в реальному часі. Дане значення визначається так:

$$t_d = \frac{n}{mF_d} \quad (9)$$

Ємність БПП залежить як від кількості входів m , так від розмірів N_i і розрядності n_i масивів даних, якими обмінюються пристрої. Крім того, в БПП необхідно передбачити певний обсяг пам'яті V для зберігання даних, які використовуються при організації обміну. Виходячи з наведених міркувань ємність БПП можна визначити так:

$$Q = V + \sum_i^m N_i n_i \quad (10)$$

Сьогодні найперспективнішою елементною базою для реалізації одновимірного запам'ятовуючого середовища є мікросхеми оперативного запам'ятовуючого пристрою (ОЗП) з малим часом циклу доступу t_d та великою ємністю Q .

Структура багатоканального пристрою обміну з буферизацією даних. Для реалізації промислової мережі використаємо інтерфейс 485, який має такі параметри [1]:

- двохпровідний, напівдуплексний, багатоточковий з диференційною передачею сигналів;
- підтримує до 32 вузлів, що під'єднуються до спільної шини; на коротких відстанях підтримується швидкість передачі даних до 10 Мбіт/с, а при максимальній довжині кабеля 1200 м підтримуються швидкості передачі до 100 Кбіт/с;
- одне джерело живлення +5В;
- діапазон напруг спільного режиму (-7В)-(+12В).

Структура багатоканального пристрою обміну з підключенням компонентів АСУ ТП через інтерфейс 485 наведена на рис.1, де ВК – вузол керування.

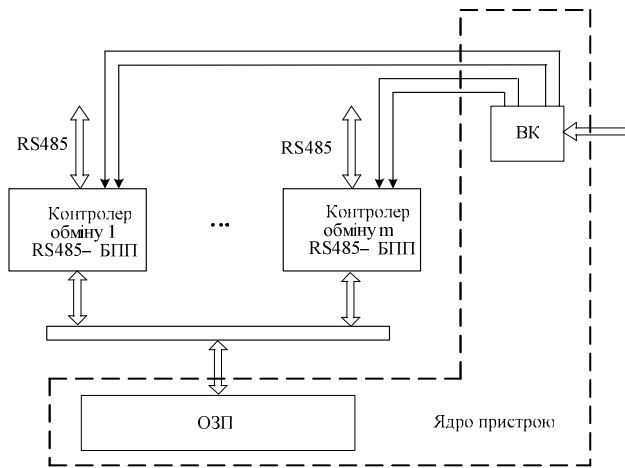


Рисунок 1 – Структура багатоканального пристрою обміну з буферизацією даних

Багатоканальний пристрій обміну з буферизацією даних складається з ядра пристрою, який є незмінним для всіх застосувань і контролерів обміну RS485-БПП, кількість яких визначається вимогами конкретного застосування. Ядро багатоканального пристрою обміну складається із ОЗП і вузла керування ВК, який забезпечує формування неперервної послідовності тактових імпульсів $TI1j$, $TI2j$, де $j=1, \dots, m$, тривалість яких рівна часу циклу звертання і часу запису (читання) в ОЗП відповідно [7].

Структура вузла керування ВК, який формує послідовності імпульсів для контролерів обміну, наведена на рис.2, де TI – тактові імпульси, Tg – тригер, RgY – регістр управління; Km – комутатор, $ПУ$ – вхід початкового установа, $УпрKm$ – вхід управління комутатором. Однією із основних задач вузла ВК є синхронізація доступу до магістралі ОЗП асинхронно працюючих зовнішніх вузлів АСУ ТП та формування необхідної неперервної послідовності тактових імпульсів $TI1j$, $TI2j$. Перед початком роботи вузла ВК імпульсом на вході ПУ на входах всіх тригерів встановлюється значення лог.0. Налаштування вузла ВК на кількість каналів здійснюється програмно шляхом запису даних в регістр RgY . В вузлі ВК формування тактових імпульсів $TI1j$, $TI2j$ здійснюється на основі методу фіксованих часових інтервалів [3,7]. Згідно з цим методом кожному j -у контролеру обміну циклічно надається фіксований часовий інтервал доступу до ОЗП. Даний часовий інтервал визначається за формулою (8).

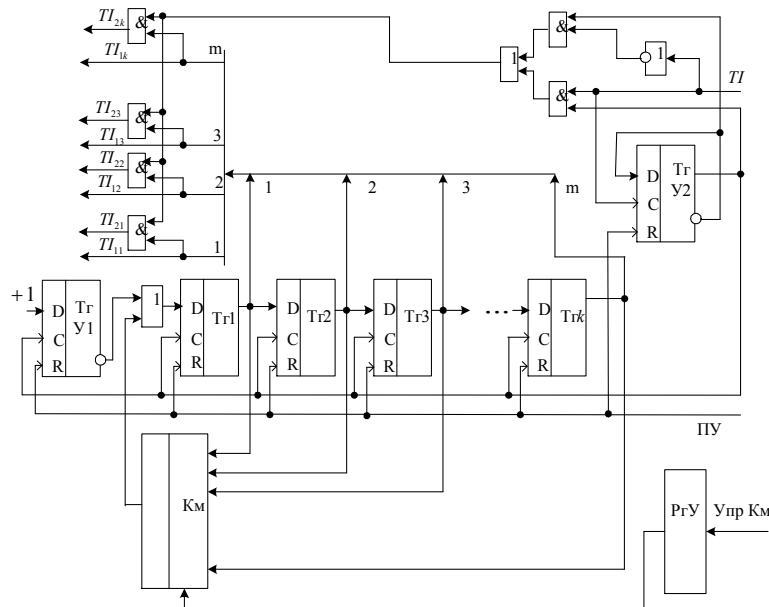


Рисунок 2 – Структура вузла керування

Під'єднання до інтерфейсу RS485 і управління доступом до ОЗП здійснюється контролерами обміну RS485-БПП, які є однотипними та забезпечують такі можливості:

- робота з різними за швидкодією зовнішніми пристроями та ОЗП;
- нарощення кількості каналів обміну;
- синхронізація доступу до ОЗП асинхронно працюючих вузлів АСУ ТП.

Структура контролера обміну RS485-БПП наведена на рис.3.

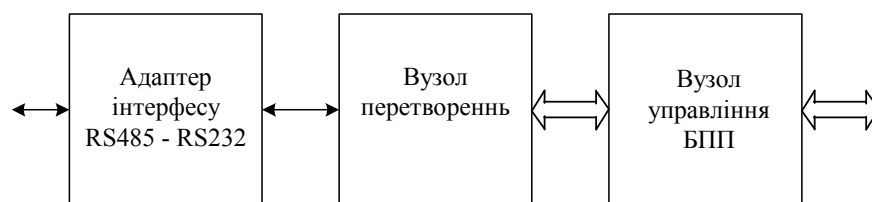


Рисунок 3 – Структура контролера обміну RS485-БПП

Основними компонентами контролера обміну RS485-БПП є: адаптер інтерфейсу RS485-RS232, вузол перетворень і вузол управління БПП. Для реалізації адаптера інтерфейсу RS485- RS232 використовуємо готовий двонаправлений перетворювач інтерфесів MAX3162.

Вузол перетворень повинен забезпечувати послідовно-паралельне та паралельно-послідовне перетворення [8]. Структура ву-

зла перетворень наведена на рис. 4, де ФСУ – формувач сигналів управління, Рг – регістр, ШД – шина.

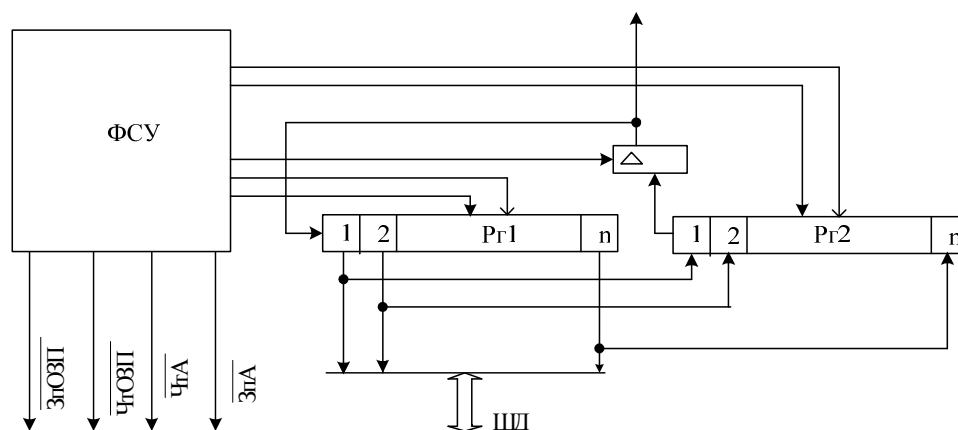


Рисунок 4 – Структура вузла перетворень

Реалізація перетворень ґрунтується на виконанні наступної рівності:

$$n_{Bx} F_{Bx} = n_{Bux} F_{Bux}, \quad (11)$$

де n_{Bx} – розрядність даних на вході перетворювача, F_{Bx} – частота надходження даних на вхід перетворювача, n_{Bux} – розрядність даних на виході перетворювача, F_{Bux} – частота даних на виході перетворювача. Кожне перетворення характеризується коефіцієнтом, який визначається наступним чином:

$$\beta = \frac{n_{Bx}}{n_{Bux}}. \quad (12)$$

Коефіцієнт перетворення β може змінюватися у наступних межах:

$$\frac{1}{n_{Bux}} \leq \beta \leq n_{Bx}. \quad (13)$$

З виразу (13) видно, що коефіцієнт перетворення β дозволяє змінювати в широкому діапазоні параметри доступу до БПП. Значення коефіцієнту β визначає вид перетворення: $\beta < 1$ (паралельно-послідовне), $\beta > 1$ (послідовно-паралельне).

Для формування сигналів управління, адреси і даних при звертанні до ОЗП використовується вузол управління БПП [7]. Основними елементами вузла управління БПП є: схеми формування сигналів управління Ф1, Ф2 і Ф3; лічильник адреси ЛічАд; буферні регістри Рг1 і Рг2; шинні формувачі. Буферні регістри Рг1 і Рг2 дозволяють організувати конвеєрний режим доступу до ОЗП, при якому час звертання розбивається на два інтервали: перший – підготовчий, другий

– безпосереднього звертання до ОЗП. Схеми формування сигналів управління $\Phi 1, \Phi 2, \Phi 3$ є однотипними та призначені для фіксації сигналів $\overline{3nOЗП}$, $\overline{ЧтOЗП}$, $\overline{3nA\delta}$ і формування сигналів управління ОЗП: $\overline{BK}$ і $\overline{Чт/3n}$.

Висновки

Пристрої обміну для АСУ ТП з промисловою мережею доцільно реалізовувати багатоканальними з буферизацією даних з використанням інтегрованого підходу та принципів узгодженості, змінного складу обладнання і модульності.

Вдосконалено метод часового розподілу ресурсів одновимірного запам'ятовуючого середовища шляхом узгодження інтенсивності доступу до нього з інтенсивністю надходження даних, що забезпечує вибір необхідної швидкодії запам'ятовуючого середовища.

Розроблено для АСУ ТП з промисловою мережею багатоканальний пристрій обміну з буферизацією даних, в якому завдяки розпаралелюванню та програмному налаштуванню на кількість вузлів, що підключаються, забезпечено безконфліктний обмін даними у реальному часі та збільшено множину ведучих вузлів, що реалізують режим звертання багато до багатьох.

ЛІТЕРАТУРА

1. Федоров Ю.Н. Справочник инженера по АСУТП. Проектирование и разработка. [*Инфра-Инженерия*](#), 2008.- 927с.
2. Лапин А.А. Интерфейсы. Выбор и реализация.- Изд-во: Техносфера, 2005.- 168с.
3. Цмоць І.Г., Бондарук А.Б. Методи синтезу паралельної пам'яті спеціалізованих комп'ютерних систем реального часу. Науково-технічний журнал “Інформаційні технології і системи”. Том 7, №2, Львів 2004, с. 113-118.
4. Цмоць І.Г., Демида Б.А. Синтез паралельної пам'яті для систем керування та цифрової обробки сигналів // Вісник ДУ “Львівська політехніка”: “Комп'ютерна інженерія та інформаційні технології”, №370. - Львів, 1999. – С.9-18.
5. Цмоць І.Г., Батюк А.Є., Демида Б.А., Рашкевич Ю.М., Пасека М.С. // Особливості організації та базові структури пам'яті систем

- цифрової обробки сигналів // Збірник наук. праць "Комп'ютерні технології друкарства". - Львів, 1998. – С.90-92.
6. Цмоць І.Г., Рашкевич Ю.М., Демида Б.А., Ревич М.Р., Кашем А.М. Паралельна пам'ять систем управління та цифрової обробки і оцінка її основних характеристик // Вестник Харьковского государственного политехнического университета "Системный анализ, управление и информационные технологии", Вып.97. Харьков, 2000. – С.79-84.
7. Цмоць І.Г., Демида Б.А. Структурна організація багатопортової пам'яті на базі ВІС пам'яті з довільним доступом для мультипроцесорних систем цифрової обробки сигналів // Вісник ДУ "Львівська політехніка": "Комп'ютерна інженерія та інформаційні технології", № 322. - Львів, 1997. – С.160-166.
8. Цмоць І.Г., Ваврук Є.А., Демида Б.А. Аналіз методів управління доступом до паралельної пам'яті // Вісник ДУ "Львівська політехніка": "Комп'ютерна інженерія та інформаційні технології", №392. - Львів, 2000. - С.27-31.
9. Грушицкий Р.И., Мурсаев А.Х., Угрюмов Е.П. Проектирование систем на микросхемах программируемой логики. – СПб.: БХВ-Петербург, 2002. – 608с.

ИНВАРИАНТНОСТЬ ПО СКАЛЯРНОМУ КРИТЕРИЮ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБРАЗОВ

Аннотация. В данной работе 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. Предложенный в работе функционал и решающее правило (скалярный критерий для распознавания образов) позволяют создать модель нейронной сети инвариантной к трансформациям распознаваемых образов.

Ключевые слова. Распознавание образов, скалярный критерий.

Постановка проблемы.

Построить отображение множества распознаваемых образов на множество действительных чисел из интервала $[0,1]$, так, чтобы задавая определенные интервалы для этих чисел, можно было бы группировать образы, распознавать, сравнивать и анализировать их. Сходные входные сигналы от схожих классов должны формировать единое представление в нейронной сети. Исходя из этого, они должны быть классифицированы как принадлежащие к одной категории [1,2]. Определить степень сходства, используя скалярный критерий для распознавания образов [5]. Нейронные сети обладают естественной способностью классификации образов. Эту способность можно использовать для обеспечения инвариантности сети к трансформациям. Сеть обучается на множестве примеров одного и того же объекта, при этом в каждом примере объект подается в несколько измененном виде (например, снимки с разных ракурсов). Если количество таких примеров достаточно велико и если нейронная сеть обучена отличать разные точки зрения на объект, можно ожидать, что эти данные будут обобщены и сеть сможет распознать ракурсы объекта, которые не использовались при обучении. Однако с технической точки зрения инвариантность по обучению имеет два существенных недостатка.

Во первых, если нейронная сеть была научена распознавать трансформации объектов некоторого класса, совсем не обязательно,

что она будет обладать инвариантностью по отношению к трансформациям объектов других классов.

Во вторых, такое обучение является очень ресурсоемким, особенно при большой размерности пространства признаков.

Анализ литературы.

Из известных методов обучения нейронных сетей наиболее широкое применение имеют градиентные методы со случайным изменением начальных условий [1,3,4]. Недостатком этих методов является трудности распознавания образов в случае близости по норме Евклида сравниваемых образов.

Существует множество подходов к определению степени сходства входных сигналов. Один из подходов определяет степень подобия входных образов для нейронных сетей на основе Евклидова расстояния [1]. Пусть существует некоторый вектор x размерности m

$$x_i = [x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{im}]^T$$

Элементы вектора – действительные числа, а обозначение T указывает на то, что матрица транспонирована. Вектор x_i определяет некоторую точку в m -мерном Евклидовом пространстве (R_m). Евклидово расстояние между парой m -мерных векторов x_i и x_j вычисляется по формуле:

$$d(x_i - x_j) = \|x_i - x_j\| = \left[\sum_{k=1}^m (x_{ik} - x_{jk})^2 \right]^{1/2}$$

где x_{ik} и x_{jk} – k -е элементы векторов x_i и x_j соответственно. Чем ближе друг к другу отдельные элементы векторов x_{ik} и x_{jk} , тем меньше Евклидово расстояние. В статье рассматривается подход к определению степени сходства, который основывается на скалярном критерии распознавания образов нейронной сетью, построенный на идее скалярного произведения, взятой из алгебры матриц.

Цель статьи – построение скалярного критерия распознавания образов объектов, который может использоваться для обеспечения инвариантности нейронной сети к трансформациям.

Скалярный критерий распознавания образов вычисляется следующим образом:

$$\cos(\lambda) = \frac{(E, \bar{X})}{\|E\|_c \|X\|_c},$$

где E - вектор ошибок в пространстве ошибок, полученный при распознавании нейронной сетью входного образа, X - вектор ошибок, полученный при распознавании нейронной сетью эталона. Если за эталонные образы взять образы трансформаций объектов, то получим алгоритм их распознавания. То есть каждому образу трансформации объекта будет отвечать свое значение скалярного критерия. Поскольку вычисление скалярного критерия не изменяет значения весовых коэффициентов нейронной сети, то нейронная сеть может распознавать трансформацию объектов нескольких классов одновременно и при этом расчет скалярного критерия является не расходным по ресурсам.

Построение скалярного критерия распознавания образов сигналов.

Построим модель нейронной сети

$$y_i = Wx_i$$

$$y_i = \begin{pmatrix} y_i^1 \\ y_i^2 \\ \dots \\ y_i^m \end{pmatrix}$$

где вектора выхода,

$$x_i^T = (x_i^1; x_i^2; \dots; x_i^m) - \text{вектора входа.}$$

m – размерность пространства образов,

$i=1\dots n$, где n – число обучаемых образов.

Матрица весовых коэффициентов нейронной сети, обученной распознавать образ y_1 будет иметь вид:

$$W_1 = \begin{pmatrix} y_1^1 x_1^1 \dots y_1^1 x_1^m \\ y_1^2 x_1^1 \dots y_1^2 x_1^m \\ \dots \\ y_1^m x_1^1 \dots y_1^m x_1^m \end{pmatrix}$$

$$y_1 = \begin{pmatrix} y_1^1 (x_1^1 x_1^1 + x_1^2 x_1^2 + \dots + x_1^m x_1^m) \\ y_1^2 (x_1^1 x_1^1 + x_1^2 x_1^2 + \dots + x_1^m x_1^m) \\ \dots \\ y_1^m (x_1^1 x_1^1 + x_1^2 x_1^2 + \dots + x_1^m x_1^m) \end{pmatrix}$$

Когда точно воспроизводится эталонный выход? Необходимым и достаточным условием для точного воспроизведения эталонного выхода является ортогональность и ортонормированность входных векторов сигналов при обучении нейронной сети.

Пусть отклонения на этапе распознавания образа на входе будут

$$\Delta x_i^T = (\Delta x_i^1; \Delta x_i^2; \dots; \Delta x_i^m)$$

Тогда:

$$y + \Delta y = W \begin{pmatrix} x_i^1 + \Delta x_i^1 \\ x_i^2 + \Delta x_i^2 \\ \dots \\ x_i^m + \Delta x_i^m \end{pmatrix}$$

Откуда для отклонений на выходе:

$$\Delta y_1 = \begin{pmatrix} y_1^1 (x_1^1 \Delta x_1^1 + x_1^2 \Delta x_1^2 + \dots + x_1^m \Delta x_1^m) \\ y_1^2 (x_1^1 \Delta x_1^1 + x_1^2 \Delta x_1^2 + \dots + x_1^m \Delta x_1^m) \\ \dots \\ y_1^m (x_1^1 \Delta x_1^1 + x_1^2 \Delta x_1^2 + \dots + x_1^m \Delta x_1^m) \end{pmatrix}$$

Оценим ошибку на выходе:

$$E2 = \sqrt{\sum_{i=1}^m \Delta y_i^i} \quad i=1, \dots, m$$

$$E3 = \sum_{i=1}^m |\Delta y_1^i| \quad i=1, \dots, m$$

$$E4 = \max(\Delta y_1^i) \quad i=1, \dots, m$$

Построим функционал, который равен скалярному произведению нормированных векторов ошибок $E=(E2, E3, E4)$, $X=(X1, X2, X3)$ при распознавании нейронной сетью сигналов и соответствующих им эталонов. Скалярный критерий распознавания образов (сигналов) вычислим следующим образом:

$$\cos(\lambda) = \frac{(\overline{E}, \overline{X})}{\|\overline{E}\|_c \|\overline{X}\|_c}, \quad (1)$$

где E - вектор ошибок в пространстве ошибок, полученный при распознавании нейронной сетью входного образа, X - вектор ошибок, полученный при распознавании нейронной сетью эталона.

Для распознавания двух векторов сигналов $x_1^T = (x_1^1; x_1^2; \dots; x_1^m)$ и $x_2^T = (x_2^1; x_2^2; \dots; x_2^m)$ найдем

$$W_1 = \begin{pmatrix} y_1^1 x_1^1 \dots y_1^1 x_1^m \\ y_1^2 x_1^1 \dots y_1^2 x_1^m \\ \dots \\ y_1^m x_1^1 \dots y_1^m x_1^m \end{pmatrix}$$

$$W_2 = \begin{pmatrix} y_2^1 x_2^1 \dots y_2^1 x_{21}^m \\ y_2^2 x_2^1 \dots y_2^2 x_2^m \\ \dots \dots \dots \\ y_2^m x_2^1 \dots y_2^m x_2^m \end{pmatrix}$$

с учетом что $y_1 = Wx_1^T$ $y_2 = Wx_2^T$ получим $W = W_1 + W_2$, откуда находим W . Для обучения распознавания трех образов получим условие

$W = W_1 + W_2 + W_3$ и в общем случае $W = \sum_{i=1}^n W_i$, где n – число обучаемых образов.

Таким образом, построено отображение множества входных сигналов на множество действительных чисел. Это отображение разбивает множество векторов входных сигналов на классы. Отображение является отношением эквивалентности, то есть оно рефлексивно, симметрично и транзитивно. Отображение разбивает множество векторов входных сигналов на непересекающиеся классы. Отображение состоит из композиции двух отображений. Сначала множество векторов входных сигналов (конечное множество) отображается в трехмерное векторное пространство ошибок, а затем конечное множество векторов ошибок отображается на конечное подмножество множества действительных чисел.

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. 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 $\cos(\lambda)$.

$$\cos(\lambda) = \frac{(\overline{E}, \overline{X})}{\|\overline{E}\|_c \|\overline{X}\|_c},$$

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 функционал и решающее правило (скалярный критерий для распознавания образов) позволяют создать модель нейронной сети инвариантной к трансформациям распознаваемых образов. Если за эталонные образы взять образы трансформаций объектов, то получим алгоритм их распознавания. То есть каждому образу трансформации объекта будет отвечать свое значение скалярного критерия. Поскольку вычисление скалярного критерия не изменяет значения весовых коэффициентов нейронной сети, то нейронная сеть может распознавать трансформацию объектов нескольких классов одновременно и при этом расчет скалярного критерия является не расходным по ресурсам.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хайкин Саймон Нейронные сети: полный курс, 2-е издание. : Пер. с англ. – М. : Издательский дом «Вильямс», 2006. – 1104 с.
2. М.З. Згуровський, Н.Д. Панкратова Основи системного аналізу –К: Видавнича група ВНУ, 2007.-544 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
5. Рассоха А.А., Четырбок П.В. Скалярный критерий близости в пространстве распознаваемых образов.- Европейский университет. – Ялта, 2007.-26с.-Укр.-Деп. в ГНТБ Украины 7

СОДЕРЖАНИЕ

МАТЕМАТИЧНЕ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ*R.A. Chizhenkova*

Mathematical analysis of bibliometrical indices of neurophysiological investigations of microwave radiation (medline-internet).....3

A.V. Shehovtsov, A.N. Poletayeva

Identification of handwritten marks and digits of fonts 12

*Ю.Н. Бардачев, А.А. Дидык, С.В. Шкурдота, В.И. Литвиненко,
А.А. Фефелов*Информационно-аналитическая система профилирования
наркотических веществ..... 21*С.В. Вишемирська, Ф.Б. Рогальський*Моделі підтримки прийняття рішень при управлінні дочірнім
підприємством 28*Ю.А. Водлазский, А.И. Михалев, А.П. Клименко*

Мультифрактальный анализ микрошлифов колёсных сталей 39

*І.Ю. Грішин*Оптимальне управління багатофункціональною радіолокаційною
системою в режимі наведення 46*В.В. Зиновкин, Э.М. Кулинич*Моделирование автоматизированного управления двухкомпонентным
дозированием многопараметрического процесса приготовления
газобетона 53*В.В. Крючковский*Оценка степени согласованности мнений экспертов при коллективном
принятии решений 65*Т.В. Михайловская, В.А. Тутык, А.И. Михалев*Расчет технологических параметров обработки электронным пучком
металлической поверхности с использованием клеточно-автоматной
модели 75*Е.Ю. Новикова, К. Меженная*Моделирование процесса внешнего цилиндрического шлифования
деталей гидромашин с использованием методов нечеткого вывода... 82*О.В. Павлюк, П.І. Бідюк*

Побудова динамічних мереж байеса..... 87

М.Р. Подольський

Особливості територіальних автоматизованих систем управління відходами 101

А.В. Самков, В.И. Литвиненко, Ю.А. Захарченко

Методы модернизации авиационной техники в условиях неопределенности 109

К.А. Тезик

Комплексное применение системы поддержки принятия решений и теории игр для оптимального управления агропроцессами..... 121

І.Г. Цмоць, М.Р. Подольський

Проектування багатоканального пристрою обміну даних для асу тп з промисловою мережею..... 130

П.В. Четырбок

Инвариантность по скалярному критерию распознавания образов . 141

РЕФЕРАТИ

УДК 577.359

Чиженкова Р.А. **Математичний аналіз бібліометричних показників для нейрофізіологічних досліджень СВЧ опроміненнь** (Medline-Internen) // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. - Випуск 6 (65). - Дніпропетровськ, 2009. - С. 3–11.

Представлені бібліометричні дані по дослідженнях, виконаних на нейрофізіологічних об'єктах (цілісний мозок, кора великих півкуль, нейрони, нерви) з використанням СВЧ-випромінення. Розглянуті кількісні характеристики публікацій обраних напрямків за 35 річний інтервал часу (1966-2000). Проаналізована динаміка чисел статей вказаних типів. Зроблений висновок про перспективи досліджень дії неіонізуючих випроміненнь на нейрофізіологічних об'єктах.

Бібл. 10, табл. 7.

УДК 681.3

Шеховцов А.В., Полетаєва Г.Н. **Розпізнавання рукописних знаків і цифр шрифтів**// Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. - Випуск 6 (65). - Дніпропетровськ, 2009. - С. 12–20.

Розглядаються основні типи шрифтів, що використовуються в сучасних операційних системах. Використовуються знання теорії розпізнавання образів. Описано задачу розпізнавання цифр шрифту за допомогою фотоелемента. Визначено поняття щільності промальовування контуру. Запропоновано метод розпізнавання цифр по заданій щільності промальовування контуру. Коротко описані апріорні дані для різних шрифтів і їхніх розмірів. Дано рекомендації з використання шрифтів для розпізнавання фотодетектором.

Бібл. 5, іл. 11.

УДК 681.306

Бардачов Ю.М., Дідик О.О., Шкурдота С.В., Литвиненко В.І., Фефелов А.О. **Інформаційно-аналітична система профілювання наркотичних речовин** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. - Випуск 6 (65). - Дніпропетровськ, 2009. - С. 21–27.

В статті описується розроблена авторами інформаційно-аналітична система профілювання наркотичних речовин. Система призначена для використання в оперативно-слідчій діяльності та може застосовуватися безпосередньо підрозділами по боротьбі з наркотиками МВС України та інших правоохоронних органів.

Бібл. 6, іл. 1.

УДК 681.004.89:164.053

Вишемирська С.В., Рогальський Ф.Б. **Моделі підтримки прийняття рішень при управлінні дочірнім підприємством** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. - Випуск 6 (65). - Дніпропетровськ, 2009. - С. 28–38.

Проаналізовано дочірнє підприємство як об'єкт управління активними системами. Запропоновано метод дослідження дочірнього підприємства, який полягає у використанні в активних системах комплексного підходу, який поєднує евристико-аналітичні та ймовірнісні методи, що дозволяє побудувати алгоритм процесу розробки оперативного рішення.

Бібл. 6, іл. 4, табл. 3.

УДК 669.01:530.1:539.4

Водолазський Ю.А., Михальов О.І., Клименко А.П. **Мультифрактальний аналіз мікрошлифів колесних сталей** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. - Випуск 6 (65). - Дніпропетровськ, 2009. - С. 39–45.

В роботі обчислені мультифрактальні параметри серії мікрошлифів колесних сталей. Досліджений взаємозв'язок між структурою (мультифрактальні параметри) та властивостями сталей (твердість).

Бібл. 8, іл. 4, табл. 2.

УДК 621.396.965

Грішин І.Ю. **Оптимальне управління багатофункціональною радіолокаційною системою в режимі наведення** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. - Випуск 6 (65). - Дніпропетровськ, 2009. - С. 46–52.

Розглянута задача оптимального управління режимом наведення багатофункціональної РЛС. Отримане вирішення визначає закон оптимального керування наведенням літальних апаратів і виміром їхніх координат.

Бібл. 7, іл. 1.

УДК 621.51: 681.5.015

Зіновкін В.В., Кулініч Е.М. **Моделювання автоматизованого управління двокомпонентним дозуванням багатопараметричного приготування газобетону.** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. - Випуск 6 (65). - Дніпропетровськ, 2000. - С. 53–64.

Запропоновані математична і комп'ютерна моделі системи автоматизованого керування двокомпонентним дозуванням багатопараметричного процесу приготування газобетону. Проведено моделювання двокомпонентного процесу дозування сухих складових газобетону.

Бібл. 4, іл. 4.

УДК 658.52

Крючковський В.В. **Оцінка степені узгодженості думок експертів при колективному прийнятті рішень** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. - Випуск 6(65). - Дніпропетровськ, 2009. - С. 65–74.

Розглянуто можливості оцінки степені узгодженості думок експертів з використанням коефіцієнта конкордації Кенделла – Б. Сміта при колективному прийнятті рішень.

Бібл. 15, іл.2, табл.2.

УДК 004.942:669

Михайловська Т.В., Тутик В.А., Михальов О.І. **Розрахунок технологічних параметрів обробки електронним пучком металевої поверхні з використанням клітинно-автоматної моделі** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. - Випуск 6(65). - Дніпропетровськ, 2009. - С. 75–81.

Розглянуті параметри клітинно-автоматної моделі, що призначена для визначення швидкості затвердіння розплаву в зоні роботи електронної газорозрядної пушки, яка працює в імпульсному режимі.

Бібл. 8, іл.2, табл.1.

УДК 004.942:681.3.068

Новікова К.Ю., Меженная К.Г. **Моделювання процесу зовнішнього циліндричного шліфування деталей гідромашин з використанням методів нечіткого виводу** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 6(65). – Дніпропетровськ, 2009. – С. 82–86.

В даній статті розроблена, досліджена і програмно реалізована нечітка модель процесу зовнішнього циліндричного шліфування деталей гідромашин. Математична модель побудована на основі методів нечіткого виводу для визначення показників якості вибору на технологічні параметри процесу обробки.

Бібл. 5, іл. 2.

УДК 62.50

Павлюк О.О., Бідюк П.І. **Побудова динамічних мереж Байєса** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 6(65). – Дніпропетровськ, 2009. – С. 87–100.

Запропонована методика побудови динамічних мереж Байєса на основі статистичних даних, яка складається з двох етапів: побудова статичної структури мережі та динамічної структури мережі, що включає визначення зв'язків між двома сусідніми інтервалами часу. Отриману структуру використовують для формування висновку на кожному часовому інтервалі. Наведено приклад застосування методики до фактичних даних.

Бібл. 5, іл. 7, табл. 4.

УДК 681.5

Подольський М.Р. **Особливості територіальних автоматизованих систем управління відходами** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 6(65). – Дніпропетровськ, 2009. – С. 101–108.

Розглянуто проблему відходів та засади міжнародного і національного регулювання поводження з відходами. Проаналізовано територіальні аспекти проблеми відходів і розроблено структуру територіальної автоматизованої системи управління відходами.

Бібл.3, іл.1.

УДК 629.735

Самков О.В., Литвиненко В.І., Захарченко Ю.А. **Методи модернізації авіаційної техніки в умовах невизначеності** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 6(65). – Дніпропетровськ, 2009. – С.109–120

У роботі розглянуто застосування методів проведення модернізації авіаційної техніки в умовах невизначеності забезпечення проекту ресурсами. Розроблено модель побудови календарного плану проекту модернізації авіаційної техніки. Розглянутий у статті метод розв'язку задачі управління проектами модернізації авіаційної техніки на основі імунних алгоритмів показує досягнення необхідної достовірності результатів планування проведення її модернізації та обґрунтованість практичних рекомендацій в умовах невизначеності фінансування.

Бібл.13.,Рис.5.

Тезік К.А. **Комплексне застосування системи підтримки прийняття рішень та теорії ігор для оптимального управління агропроцесами** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 6(65). – Дніпропетровськ, 2009. – С.121–129

У статті розглянуті основні етапи розробки системи підтримки прийняття рішень, призначеної для оптимального управління агропроцесами. Метою управління є одночасне досягнення стійкої врожайності, високої рентабельності виробництва сільськогосподарських культур і збереження родючості ґрунту. Запропоновано метод застосування математичного апарату теорії ігор для підвищення якості управління станом агроєкосистеми.

Бібл.6.,Рис.1., Табл. 1

УДК 681.325

Цмоць І.Г., Подольський М.Р. **Проектування багатоканального пристрою обміну даними для АСУ ТП з промисловою мережею** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 6(65). – Дніпропетровськ, 2009. – С.130–140

Вибрано підходи та принципи побудови пристроїв обміну, вдосконалено метод безконфліктного паралельного обміну, розроблено багатоканальний швидкісний пристрій обміну у реальному часі для АСУ ТП з промисловою мережею.

Рис. 4., Бібл.9

УДК 004.032.26:004.8

Четирбок П.В. **Інваріантність по скалярному критерію розпізнавання образів** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. –Випуск 6(65). – Дніпропетровськ, 2009.- С. 141–146.

В даній роботі побудовано ізоморфне відображення множин образів на множину 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. Запропонований в статті функціонал і вирішальне правило (скалярний критерій для розпізнавання образів) дозволяють створити модель нейронної мережі інваріантної до трансформацій розпізнаваних образів.

Бібл.5.

УДК 577.359

Чиженкова Р.А. Математический **анализ библиометрических показателей нейрофизиологических исследований СВЧ облучения (Medline-Internen)** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. - Випуск 6 (65). - Дніпропетровськ, 2009. - С. 3–11.

Представлены библиометрические данные по исследованиям, выполненным на нейрофизиологических объектах (целостный мозг, кора больших полушарий, нейроны, нервы) с применением СВЧ облучения. Рассмотрены количественные характеристики публикаций выбранных направлений за 35-летний интервал времени (1966-2000). Проанализирована динамика чисел статей указанных типов. Сделано заключение о перспективах исследований действия неионизирующих излучений на нейрофизиологических объектах.

Библ. 10, табл. 7.

УДК 681.3

Шеховцов А.В., Полетаева А.Н. **Распознавание рукописных знаков и цифр шрифтов**// Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. - Випуск 6 (65). - Дніпропетровськ, 2009. - С. 12–20.

Рассматриваются основные типы шрифтов, используемые в современных операционных системах. Используются знания в теории распознавания образов. Описана задача распознавания цифр шрифта посредством фотоэлемента. Определено понятие плотности прорисовки контура. Предложен метод распознавания цифр по заданной плотности прорисовки контура. Кратко описаны априорные данные для различных шрифтов и их размеров. Даны рекомендации по использованию шрифтов для распознавания фотодетектором.

Библ. 5, ил. 11.

УДК 681.306

Бардачев Ю.Н., Дидык А.А., Шкурдота С.В., Литвиненко В.И., Фефелов А.А. **Информационно-аналитическая система профилирования наркотических веществ** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. - Випуск 6 (65). - Дніпропетровськ, 2009. - С. 21–27.

В статье описывается разработанная авторами информационно-аналитическая система профилирования наркотических веществ. Система предназначена для использования в оперативно-следственной деятельности и может применяться непосредственно подразделениями по борьбе с наркотиками МВД Украины и других правоохранительных органов.

Библ. 6, ил. 1.

УДК 681.004.89:164.053

Вышемирская С.В., Рогальский Ф.Б. **Модели поддержки принятия решений при управлении дочерним предприятием** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. - Випуск 6 (65). - Дніпропетровськ, 2009. - С. 28–38.

Проанализировано дочернее предприятие как объект управления активными системами. Предложен метод исследования дочернего предприятия, который состоит в использовании в активных системах комплексного подхода, который объединяет эвристико-аналитические и вероятностные методы, которые позволяют построить алгоритм процесса разработки оперативного решения.

Библ. 6, илл. 4, табл. 3.

УДК 669.01:530.1:539.4

Водолазский Ю.А., Михалев А.И., Клименко А.П. **Мультифрактальный анализ микрошлифов колесных сталей** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. - Випуск 6 (65). - Дніпропетровськ, 2009. - С. 39–45.

В работе вычислены мультифрактальные параметры серии микрошлифов колёсных сталей. Исследована взаимосвязь между структурой (мультифрактальные параметры) и свойствами сталей (твёрдость).

Библ. 8, ил. 4, табл. 2.

УДК 621.396.965

Гришин И.Ю. **Оптимальное управление многофункциональной радиолокационной системой в режиме наведения** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. - Випуск 6 (65). - Дніпропетровськ, 2000. - С. 46–52.

Решена задача оптимального управления режимом наведения многофункциональной РЛС. Полученное решение определяет закон оптимального управления наведением летательных аппаратов с учетом измерения их координат.

Библ. 7, илл. 1.

УДК 621.51: 681.5.015

Зиновкин В.В., Кулинич Э.М. **Моделирование автоматизированного управления двухкомпонентным дозированием многопараметрического процесса приготовления газобетона** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. - Випуск 6 (65). - Дніпропетровськ, 2000. - С. 53–64.

Предложены математическая и компьютерная модели системы автоматизированного управления двухкомпонентным дозированием многопараметрического процесса приготовления газобетона. Проведено моделирование двухкомпонентного процесса дозирования сухих составляющих газобетона.

Библ. 4, илл. 4.

УДК 658.52

Крючковский В.В. **Оценка степени согласованности мнений экспертов при коллективном принятии решений** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. - Випуск 6 (65). - Дніпропетровськ, 2000. - С. 65–74.

Рассмотрена возможность оценки степени согласованности мнений экспертов с использованием коэффициента конкордации Кенделла – Б. Смита при коллективном принятии решений.

Библ. 15, ил. 2, табл. 2.

УДК 004.942:669

Михайловская Т.В., Тутык В.А., Михалев А.И. **Расчет технологических параметров обработки электронным пучком металлической поверхности с использованием клеточно-автоматной модели** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 6(65). – Дніпропетровськ, 2009. – С. 75–81.

Рассмотрены параметры клеточно-автоматной модели предназначенной для определения скорости затвердевания расплава в зоне работы электронной газоразрядной пушки работающей в импульсном режиме.

Библ. 8, ил.2, табл.1.

УДК 004.942:681.3.068

Новикова К.Ю., Меженная К.Г. **Моделирование процесса внешнего цилиндрического шлифования деталей гидромашин с использованием методов нечеткого вывода** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 6(65). – Дніпропетровськ, 2009. – С. 82–86.

В данной статье разработана, исследована и программно реализована нечеткая модель процесса внешнего цилиндрического шлифования деталей гидромашин. Математическая модель построена на основе методов нечеткого вывода для определения показателей качества выбора на технологические параметры процесса обработки.

Библ. 5, ил. 2.

УДК 62.50

Павлюк О.О., Бидюк П.І. **Построение динамических сетей Байеса** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 6(65). – Дніпропетровськ, 2009. – С. 87–100.

Предложена методика построения динамических сетей Байеса на основе статистических данных, которая состоит из двух этапов: построение статической структуры сети и динамической структуры сети, которая включает определение связей между двумя соседними интервалами времени. Полученную структуру используют для формирования вывода на каждом временном интервале. Приведен пример использования методики к фактическим данным.

Библ. 5, ил. 7, табл. 4.

УДК 681.5

Подольський М.Р. **Особенности территориальных автоматизированных систем управления отходами** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 6(65). Дніпропетровськ, 2009. – С. 101–108.

Рассмотрена проблема отходов и принципа международного и национального регулирования обращения с отходами. Проанализированы территориальные аспекты проблемы отходов и разработана структура территориальной автоматизированной системы управления отходами.

Библ.3, ил.1

УДК 629.735

Самков А.В., Литвиненко В.И., Захарченко Ю.А. **Методы модернизации авиационной техники в условиях неопределенности** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. Випуск 6(65). Дніпропетровськ, 2009. – С. 109–120.

В работе рассмотрено применение методов проведения модернизации авиационной техники в условиях неопределенности обеспечения проекта ресурсами. Разработана модель построения плана проекта модернизации авиационной техники. Рассмотренный в статье метод решения задачи управления проектами модернизации авиационной техники на основе иммунных алгоритмов показывает достижение необходимой достоверности результатов планирования проведения ее модернизации и обоснование практических рекомендаций в условиях неопределенности финансирования.

Библ.13., ил.5

Тезик К. А. **Комплексное применение системы поддержки принятия решений и теории игр для оптимального управления агропроцессами** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. Випуск 6(65). Дніпропетровськ, 2009. – С. 121–129.

В статье рассмотрены основные этапы разработки системы поддержки принятия решений, предназначенной для оптимального управления агропроцессами. Целью управления является одновременное достижение устойчивой урожайности, высокой рентабельности производства сельскохозяйственных культур и сохранение плодородия почвы. Предложена методика применения математического аппарата теории игр для повышения качества управления состоянием агроэкосистемы.

Библ.6., ил.1, табл. 1

УДК 681.325

Цмоць І.Г., Подольський М.Р. **Проектирование многоканального устройства обмена данных для АСУ ТП с промышленной сетью** // Системные технологии. Региональный межвузовский сборник научных работ. – Випуск 6(65). – Днепропетровск, 2009. С. 130–140.

Выбраны подходы и принципы построения устройств обмена, усовершенствован метод бесконфликтного параллельного обмена, разработано многоканальное скоростное устройство обмена в реальном времени для АСУ ТП с промышленной сетью.

Рис. 4., Библ.9

УДК 004.032.26:004.8

Четырбок П.В. **Инвариантность по скалярному критерию распознавания образов** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 6(65). Дніпропетровськ, 2009.- С. 141–146.

В данной работе 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. Предложенный в работе функционал и решающее правило (скалярный критерий для распознавания образов) позволяют создать модель нейронной сети инвариантной к трансформациям распознаваемых образов.

Библ.5.

UDC 577.359

Chizhenkova R.A. **Mathematical analysis of bibliometrical indices of neurophysiological investigations of microwave radiation (Medline-Internen)** // System technologies. – №6 (65). – Dnepropetrovsk, 2009. – P. 3–11.

Bibliometrical data on investigations carried out in different neurophysiological objects (the brain, the cortex, neurons, nerves) with application of microwaves are presented. Quantitative characteristics of publications of choose subdivisions during 35-year time interval (1966-2000) is considered. Dynamics of number of papers of these trends is analyzed. Conclusion about prospects of investigations of effects of non-ionizing radiation in neurophysiological objects is done.

Bibl. 10, ill. 7.

UDC 681.3

Shehovtsov A.V., Poletayeva A.N. **Identification of handwritten marks and digits of fonts** // System technologies. – №6 (65). – Dnepropetrovsk, 2009. – P. 12–20.

The main types of fonts using in up to date of operating system are considered. The knowledge in theory of pattern recognition are used. The problem of identification of figures of font by means of electric eye is noted. The conception of density of inking shape is determined. The method of identification of figures by given of density of inking shape is proposed. A priori data for different fonts and its size is briefly described. The recommendations of use fonts for identification of electric eye are given.

Bibl. 5, ill. 11.

UDC 681.306

Bardachev Y.N., Didyk A.A., Shkurdota S.V., Litvinenko V.I., Fefelov F.F. **Information-analytical system of narcotic substances profiling** // System technologies. – №6 (65). – Dnepropetrovsk, 2009. – P. 21–27.

The information-analytical system of narcotic substances profiling developed by authors is described in this paper. The system is intended for use in operatively-investigatory activity and can be directly applied by divisions on struggle against drugs of the Ministry of Internal Affairs of Ukraine and other law-enforcement agencies.

Bibl. 6, ill. 1.

UDC 681.004.89:164.053

Vyshemirskaya S. V., Rogalsky F. B. **Models of support of acceptance of the decisions at management of branch** // System technologies. – №6 (65). – Dnepropetrovsk, 2009. – P. 28–38.

The branch as object of management of active systems is analysed. The method of research of branch is offered which consists in use in active systems to the complex approach, which unites heuristic-analytical and likelihood methods, which allow to construct algorithm of process of development of the operative decision.

Bibl. 6, ill. 4, tables 3.

UDC 669.01:530.1:539.4

Vodolazsky Yu.A., Mikhalev A.I., Klimenko A.P. **Multi-fractal analysis of microsections of wheel steels** // System technologies. – №6 (65). – Dnepropetrovsk, 2009. – P. 39–45.

Multi-fractal parametres of microsections series of wheel steels are calculated in this paper. The interrelation between structure (multi-fractal parametres) and properties of steels (hardness) was investigated.

Bibl. 8, ill. 4, tables 2.

UDC 621.396.965

Grishin I.Yu. **The optimal control for the directing mode of multifunction radar** // System technologies. – №6 (65). – Dnepropetrovsk, 2009. – P. 46–52.

A problem of the optimal control for the directing mode of multifunction radar is under consideration. Obtained decision forms the law of the optimal control for the directing of the flying devices and measuring of their coordinates.

Bibl. 7, ill. 1.

UDC 621.51: 681.5.015

Zinovkin V. V., Kulynych E. M. **Modelling of automated control of double-component dosage of multiparametric aircrete preparation** // System technologies. – №6 (65). – Dnepropetrovsk, 2009. – P. 53–64.

The mathematical and computer models of the system of the automated control the double-components dosage of multiparametric process of aircrete preparation are offered. The modeling of double-components process of dosage of dry constituents of aircrete is conducted.

Бібл. 4, іл. 4.

UDC 658.52

Kriuchkovskiy V.V. **Estimation of expert thought agreement at collective decision-making** // System technologies. – №6 (65). – Dnepropetrovsk, 2009. – P. 65–74.

The possibility of measure of expert thought agreement is estimated, using Kendall – B. Smith concordance coefficient at collective decision – making.

Bibl. 15, ill. 2, tables 2.

UDC 004.942:669

Mikhaylovskaya T.V., Tutyk V.A., Mikhalev A.I. **Calculation of technological parameters of a metal surface processing by an electronic bunch with use of cellular-automata model** // System technologies. – №6 (65). – Dnepropetrovsk, 2009. – P. 75–81.

Observed parameters of cellular-automata model for estimation of speed of a melt forin solidification in working zone of an electronic gas-discharge gunin in a pulsing regime.

Bibl. 5, ill. 2.

UDC 004.942:681.3.068

Novikova K., Megennay K. **Modeling the process of external cylindrical grinding parts hydromachines using the methods fuzzy inference** // System technologies. – №6 (65). – Dnepropetrovsk, 2009. – P. 82–86.

This article is designed, researched and program implemented a fuzzy model of the external cylindrical grinding of hydraulic components. Mathematical model is based on fuzzy inference methods for determining the quality of choice on technological parameters of processing.

Bibl.5, ill.2.

UDC 62.50

Pavlyuk O.O., Bidyuk P.I. **Constructing dynamic Bayesian networks** // System technologies. – №6 (65). – Dnepropetrovsk, 2009. – P. 87–100.

The methodology is proposed for constructing dynamic Bayesian networks using statistical data, includes two stages: constructing static network structure and dynamic

network structure, that includes connects between neighboring time intervals. The structure obtained is used to form probabilistic inference at each time interval. An example of the methodology application to actual data is given.

Bibl. 5, ill. 7, tables 4.

UDC 681.5

Podolsky M.R. **Featuers of Territirial Wastes Management Automated Command Systems** // System technologies, -N 6(65). –Dnipropetrovsk, 2009. –P. 101–108.

The problem of wastes and international and national regulations of waste management are presented. The territorial aspects of waste problem are discussed and structure of wastes management automated command system was designed.

Bibl.3, il.1

UDC 629.735

Samkov O. V., Lytvynenko V. I., Zaharchenko Y. A. **Methods of aviation technics modernization in the indeterminacy conditions** // System technologies. №6(65). Dnipropetrovsk, 2009.– P. 109–120.

In the work was considered an application of the methods of the modernization execution of aviation technics in the indeterminacy conditions to provide the project with resources. The model of construction of the plan of the project of aviation technics modernisation aviation technics is developed. The method of task decision of management considered in article projects of aviation technique modernization offered on the basis of immune algorithms allows shows achievement of necessary authenticity of planning results of conducting of its modernization and validity of practical recommendations of the conditions of vagueness of financing.

Bibl.13, Fig.5

Tezik K.A. **Complex application of decision support systems and game theory for optimal control of agricultural processes** // System technologies. №6(65). Dnipropetrovsk, 2009.– P. 121–129.

The article describes the main stages of the development of decision support systems, designed for optimal control of agricultural processes. The aim of management is the simultaneous achievement of sustainable yield, high profitability of crop production and preservation of soil fertility. A method for the application of the mathematical apparatus of game theory to improve the management of the state of the agro-ecosystem.

Bibl. 6, ill. 1, tables 1.

UDC 681.325

Tsmots I.G., Podolsky V.R. **Designing of the multichannel device of data exchange for ASC TP with an industrial network** // System technologies. – № 6 (65). Dnepropetrovsk, 2009. – P. 130–140.

Chosen the approaches and the construction principles of exchange devices, improved the method of without a conflict parallel exchange, developed the multichannel speed device of exchange in real-time for AMS TP with an industrial network.

Fig.4, Bibl.9

UDC 004.032.26:004.8

Chetyrbok P.V. **Invariancy by scalar criterion of pattern recognition**// System technologies,-N 6(65). –Dnipropetrovsk, 2009. –P. 141–146.

In the given work the displaying is built multiplicands of recognizable appearances on multiplied material numbers from interval $[0,1]$, which allows to link classification of recognizable 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 and analyze them. Functional offered in article and deciding rule (scalar criterion for the pattern recognition) allow to create a model of neuron network invariant to transformations of recognizable appearances.

Bibl.5.

Сведения об авторах

Бардачев Юрий Николаевич – доктор технических наук, профессор, ректор Херсонского национального технического университета.

Бідюк Петро Іванович – доктор технічних наук, професор Інституту прикладного системного аналізу НТУУ «КПІ»

Водолазкий Юрий Александрович – ассистент кафедры інформаційних технологій та систем Національної металургійної академії України

Вышемирская Светлана Викторовна – аспирант кафедры информатики и компьютерных технологий Херсонского национального технического университета.

Гришин Игорь Юрьевич – доцент кафедры математики и информатики, к.т.н., с.н.с., Крымский государственный гуманитарный университет

Дидык Алексей Александрович – кандидат технических наук, доцент кафедры информационных технологий Херсонского национального технического университета.

Захарченко Юрий Анатолійович – аспирант кафедры автоматизації та енергоменеджменту Національного авіаційного університету

Зиновкин Владимир Васильевич – доктор технических наук, профессор, Запорожский национальный технический университет

Клименко Александр Павлович – кандидат технических наук, доцент кафедры материаловедения Украинского государственного химико-технологического университета

Крючковский Виктор Владимирович – кандидат физико-математических наук, профессор, декан факультета международных экономических отношений Херсонского национального технического университета

Кулинич Эдуард Михайлович – старший преподаватель, Запорожский национальный технический университет

Литвиненко Владимир Иванович – кандидат технических наук, доцент кафедры информационных технологий Херсонского национального технического университета.

Меженная Кристина Геннадьевна – аспирант кафедры технологи машиностроения Национальная металлургическая академия Украины

Михайловская Татьяна Витальевна – кандидат технических наук, старший преподаватель Национальной металлургической академии Украины

Михалюк Олександр Ілліч – д.т.н., проф., завідувач кафедрою інформаційних технологій та систем Національної металургійної академії України

Новикова Екатерина Юрьевна – кандидат технических наук, доцент кафедры Информационных технологий и систем, Национальная металлургическая академия Украины.

Павлюк Ольга Олексіївна – аспірантка Інституту прикладного системного аналізу НТУУ "КПІ"

Подольський Мирослав Романович – кандидат технічних наук, старший науковий співробітник Інституту геології і геохімії горючих копалин НАН України

Полетаєва Ганна Норайрівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри дизайну Херсонського національного технічного університету

Рогальский Франц Борисович – кандидат технических наук, профессор, заведующий кафедры информатики и компьютерных технологий Херсонского национального технического университета.

Самков Алексей Викторович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедры автоматизации и энергоменеджмента Национального авиационного университета

Тезик Константин Анатольевич – кандидат технических наук, преподаватель Курского филиала Орловского юридического института Министерства внутренних дел Российской Федерации.

Тутык Валерий Анатольевич – доктор технических наук, доцент кафедры физики Национальной металлургической академии Украины

Фефелов Андрей Александрович – кандидат технічних наук, доцент кафедри дизайну Херсонського національного технічного університету

Цмоць Иван Григорьевич □ доктор технических наук, профессор кафедры АСУ Национального университета "Львовская политехника"

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

Шеховцов Анатолий Викторович – кандидат технічних наук, доцент кафедри інформаційних технологій Херсонського національного технічного університету

Шкурдота Сергей Викторович – начальник отдела специальных видов исследований научно-исследовательского экспертно-криминального центра МВД Украины в Черкасской области

Редакційна рада

Величко Олександр Григорович професор, доктор технічних наук, ректор (головний редактор)	Національна металургійна академія України
Гасик Михайло Іванович академік НАН України	Національна металургійна академія України
Дейнеко Леонід Миколайович професор, доктор технічних наук	Національна металургійна академія України
Дідик Ростислав Петрович професор, доктор технічних наук	Національний гірничий університет
Дронь Микола Михайлович професор, доктор технічних наук	Дніпропетровський національний університет
Іващенко Валерій Петрович професор, доктор технічних наук	Національна металургійна академія України
Коробочка Олександр Миколайович (вчений секретар) професор, доктор технічних наук	Дніпродзержинський державний технічний університет
Малайчук Валентин Павлович професор, доктор технічних наук	Дніпропетровський національний університет
Михальов Олександр Ілліч (заст. головного редактора) професор, доктор технічних наук	Національна металургійна академія України
Павлюченков Ігор Олександрович професор, доктор технічних наук	Дніпродзержинський державний технічний університет
Пройдак Юрій Сергійович професор, доктор технічних наук	Національна металургійна академія України
Стеблянюк Павло Олексійович професор, доктор фізико-математичних наук	Дніпродзержинський державний технічний університет
Хричіков Валерій Євгенович професор, доктор технічних наук	Національна металургійна академія України
Шатоха Володимир Іванович професор, доктор технічних наук	Національна металургійна академія України

Системні технології ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

Випуск 6(65)

Головний редактор: д.т.н., проф., О.Г. Величко
Комп'ютерна верстка та коректура С.В. Вишемирська
Здано до набору 25.09.2009. Підписано до друку 17.12.2009.
Формат 60x84 1/16. Друк - різнограф. Папір типограф.
Умов. друк арк. – 11. Обл.-видавн. арк. – 10,2.

Тираж 300 прим. Замовл. – 11/09

ДНПВ „Системні технології”
49635, Дніпропетровськ, пр. Гагаріна, 4 кімн. 503
E-mail: st@dmsti.dp.ua

Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації
Серія КВ №8684