

Міністерство освіти і науки України

Системні технології

6 (77) 2011

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 (77). – Дніпропетровськ, 2011. – 196 с.
ISSN 1562-9945

Редакційна колегія випуску:

Архипов О.Є., д-р техн. наук, проф.
Бодянський Є.В., д-р техн. наук, проф.
(відп.редактор випуску)
Бідюк П.І., проф., д-р техн. наук
Грицик В.В. чл.-кор. НАН України,
д-р техн. наук, проф.
Казак В.М., проф., д-р техн. наук
Коваленко І.І., д-р техн. наук, проф.
Литвиненко В.І., канд.техн.наук,
(відп.секретар випуску)
Михальов О.І., д-р техн.наук,проф.,
(заст.відп.редактора)

Математичне та
програмне забез-
печення інтелек-
туальних систем

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

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)

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

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

Keywords: bibliometric indices, neurophysiology, electric fields, holistic brain, cerebral cortex, neurons, nerves, non-ionizing radiation

Introduction

Electromagnetic phenomena were observed already in antiquity [17]. Biological effects of electromagnetic fields (EMF) of different kinds have known for many centuries also, although sense organs for these factors are absent. Technological progress led to proliferation of large number of sources of electromagnetic irradiation and in consequence increased interest of researchers to their influence on animals and humans. In the middle of XX century period of intensive investigation of biological effects of non-ionizing radiation arose. Action of EMF of wide frequency and intensity range is examined, including magnetic and electric fields (EF).

Undoubtedly the nervous system is of great significance in reactions of organism to different EMF [6]. Neurophysiological alterations made by EMF were considered in series of our works [1-7, 10, 13-15].

Bibliometrical analysis of published material on neurophysiological aspects of action of such physical factors was not carried out up to now. Therefore we began bibliometrical research on this problem. Quantitative characteristics of published works on above-mentioned trend were examined in our investigations. Information accumulated in world on neurophysiological effects of non-ionizing radiation during 35-year period in the later half of the XX century (1966-2000) was considered.

Preliminary information on general results was presented in our

recent papers [8, 16]. Then quantitative characteristics of published works on neurophysiological effects of EMF, of individually microwaves, and magnetic fields were considered in detail [9, 11, 12].

The present work is devoted to examination of quantitative characteristics of published works on influence of EF on different neurophysiological objects (the whole brain, the cortex, neurons, nerves).

Materials and methods

Quantitative characteristics of published works on neurophysiological effects of EF in world during 35-year period in the later half of the XX-th century (1966-2000) were considered. Investigations were carried out on the base of the database "Medline" accessible through Internet. The numbers of published works on the present problem were determined by means of corresponding key words.

At statistical analysis of the material the comparisons of sampling fractions of obtained data from their sum, from the total number of works with application of EF, 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

In considered 35-year period the total number of published works carried out in different neurophysiological objects reached 1401300. The numbers of works performed in the brain, the cortex, neurons, nerves were 705259, 180602, 237160 and 278279 correspondingly. Number of works on effect of non-ionizing radiation was 21606, and from them works with application of EF was 3369 (15.59%). Number of neurophysiological works on influence of non-ionizing radiation was 5935, and from them only 699 was on action of EF (11.78%).

General characteristics of received totalities are presented in table 1. Sampling fractions of obtained data from their sum, from the total number of works with application of EF 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 shows that investigations made on the whole brain and nerves with employment of EF predominate. Reason of such a phenomenon is increased interest of specialists of applied sciences to examination of effects of physical factors in these neurophysiological objects [8, 16].

Table 1

General data on the number of published works carried out in different neurophysiological objects with application of EF 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	232	89.53	6.63	1.59
2	70	20.94	2.00	0.77
3	176	22.97	5.03	0.81
4	221	38.10	6.31	1.04
5	699	507.50	19.97	3.81

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

Table 2 demonstrates that sampling fraction from total data in corresponding neurophysiological objects with EF (699) prevails in works carried out in the whole brain and nerve. Similar result was found at calculation of sampling fractions from total number of works with EF (3369). These facts conform to above-mentioned supposition.

Table 2

Sampling fractions of received data from their sum, from the total number of works with application of EF 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 EF (%)	Sampling fraction from total data in these objects (%)
1	33.19	6.89	0.03
2	10.01	2.08	0.04
3	25.18	5.22	0.07
4	31.62	6.56	0.08
5	100.00	20.75	0.05

Application: as in table 1.

Interesting phenomenon was observed at analysis of number of these works performed in different neurophysiological objects (in the brain - 705259, the cortex - 180602, neurons - 237160, nerves - 278279). In contradistinction to previous results the greatest sampling fractions from total number neurophysiological works were at works carried out nerve and neurons. By the way the number of investigations performed out in the whole brain predominate in general totality of neurophysiological works.

Table 3

Comparison of sampling fractions of received data from their sum, from the total number of works with application of EF 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 EF (U)	Comparison of sampling fractions from total data in these objects (U)
1 - 2	<u>10.92</u>	<u>9.93</u>	0.76
1 - 3	<u>3.31</u>	<u>2.87</u>	<u>7.58</u>
1 - 4	0.64	0.53	<u>8.93</u>
2 - 3	<u>7.61</u>	<u>7.06</u>	<u>5.12</u>
2 - 4	<u>10.28</u>	<u>9.40</u>	<u>5.96</u>
3 - 4	<u>2.67</u>	<u>2.34</u>	0.72

Application: 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.

Data of statistical analysis represented in table 3 prove existence and peculiarity of distinctions between different sampling fractions described above. Indeed, published works carried out in corresponding neurophysiological objects with EF make different sampling fractions from their sum, from the total number of works with application of EF and from the total number of works in these neurophysiological objects.

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

The considerable increase of the numbers of published works carried out in all used neurophysiological objects with application EF gradually developed during 35-year period (table 4).

Table 4

Dynamics of the number of published works carried out in different neurophysiological objects with application of EF 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	2	4	12	20	38	57	99
2	1	1	2	5	5	14	42
3	3	5	10	16	36	42	64
4	0	8	15	24	39	60	75
5	6	18	39	65	118	173	280

Application: as in table 1.

Table 5

Dynamics of the sampling fractions (%) of published works carried out in different neurophysiological objects with application of EF 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	33.33	22.22	30.77	30.77	32.20	32.95	35.36
2	16.67	5.56	5.13	7.69	4.24	8.09	15.00
3	50.00	27.78	25.64	24.62	30.51	24.28	22.86
4	0.00	44.44	38.46	36.92	33.05	34.68	26.79
5	100	100	100	100	100	100	100

Application: as in table 1.

Dynamics of the sampling fractions (%) of published works carried out in different neurophysiological objects during 35-year period from their total number was complex and unequal (table 5). The least propitious periods for investigation of effects of EF on the cortex were in 1971-1995.

Pattern of 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 EF were une-

qual too (table 6). Investigations of effects on the cortex were less presented in 1971-1995.

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 EF

Objects	Indices for different five-years periods						
	1966-70	1971-75	1976-80	1981-85	1986-90	1991-95	1996-2000
1	3.92	4.55	4.72	5.59	5.80	6.64	8.97
2	1.96	1.14	0.79	1.40	0.76	1.63	3.80
3	5.88	5.68	3.94	4.47	5.50	4.89	5.80
4	0	9.09	5.91	6.70	5.95	6.99	6.79
5	11.76	20.45	15.35	18.16	18.02	20.14	25.36

Application: as in table 1.

Table 7

Dynamics of the sampling fractions (%) of published neurophysiological works with application of EF 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	0.004	0.006	0.015	0.021	0.032	0.040	0.064
2	0.007	0.006	0.009	0.021	0.017	0.040	0.105
3	0.040	0.036	0.052	0.055	0.087	0.072	0.095
4	0.000	0.032	0.050	0.063	0.082	0.103	0.119
5	0.007	0.015	0.026	0.035	0.050	0.059	0.086

Application: as in table 1.

As distinct from described results dynamics of sampling fractions (%) of published neurophysiological works with application of EF from the total number of works on these objects had other peculiarities (table 7). In all cases the pronounced increase of the numbers of published works took place.

Conclusion

The present bibliometrical investigations concern quantitative characteristics of published works performed with application of EF in different neurophysiological objects during 35-year period of later half of XX century. Researches of effects of EF on the whole brain, the cortex, neurons and nerves were separately considered. The total number of published works was for period 1966-2000. Dynamics of the number of published works was analyzed.

It was established the following main events.

First, the published works on effects of EF were less than the same with on influence of other kinds of non-ionizing radiation (look at our other works [9, 11, 12]).

Secondly, the published works on effects of EF upon the whole brain and nerves prevail, what differs from the same on action of other physical factors (look in works [9, 11, 12]). Similar data were observed at study of sampling fractions (%) from total data in different neurophysiological objects with EF and sampling fractions (%) from total number of works with EF. The point is that, such investigations are suitable for specialists of applied sciences. Researches on the cortex and on neuronal level are extremely difficult and are important for fundamental science. However at analysis of sampling fractions (%) from total number of corresponding neurophysiological works another phenomenon were revealed. Sampling fractions (%) of works on nerve and neurons were in the lead, which was conditioned by distinction of startling total number of these works.

Thirdly, gradual increase of the number of published works with application of EF during 35-year period takes place. But dynamics of the sampling fractions (%) of published works carried out in different neurophysiological objects from their total number and from the total number of works with application of EF were complex and unequal. In both cases the least propitious periods for investigation of effects of EF on the cortex were in 1971-1995, what was absent at observation data with other factors [9, 11, 12]). However pattern of dynamics of all sampling fractions (%) of published neurophysiological works with application of EF from the total number of works on these objects had the pronounced increase.

Thus, obtained information showed distinction between results of bibliometrical analysis of published works on neurophysiological aspects of action of EF and other kinds of physical factors. Special feature of investigations of neurophysiological effects of EF consists in predominance of works carried out in nerves on a level with works in the whole brain, which is accounted to relative simplicity and accessibility of these objects. Neurophysiological researches of influence of EF belong mainly to specialists of applied sciences. For fundamental investigations of effects of EMF observations of events on the cortex and on neuronal level are necessary. Exactly such investigations can help to understand origin and organization of reactions on non-ionizing radiation including EF [8, 16].

REFERENCES

1. Chizhenkova R.A. Biopotentials of the rabbit brain upon to action of electromagnetic fields // Fisiol. Zh. SSSR. - 1967. - V. 53. - No. 5. - P. 514-519 (in Russian).
2. Chizhenkova R.A. Role of different cerebral structures in electroencephalographic reactions of the rabbit to constant magnetic field and UHF and EHF electromagnetic fields // Zh. Vyssh. Nev. Deyat. - 1967. - V. 17. - No.2. - P. 313-321 (in Russian).
3. Chizhenkova R.A. Electrical reaction of the rabbit cerebral cortex to different electromagnetic fields // Zh. Vyssh. Nev. Deyat. - 1967. - V. 17. - No.6. - P. 1083-1090 (in Russian).
4. Chizhenkova R.A. Background and evoked activity of neurons of the rabbit intact cortex after exposure to EHF field // Zh. Vyssh. Nev. Deyat. - 1969. - V. 179 - No.3. - P. 495-501 (in Russian).
5. Chizhenkova R.A. Slow potentials and spike unit activity of the cerebral cortex of rabbits exposed to microwaves // Bioelectromagnetobiology. - 1988. - V. 9. - No. 3. - P. 337-345.
6. Chizhenkova R.A. Neuronal activity under microwave exposure // Electromagnetic fields: biological effects and hygienic standardization / Eds.: M.H. Repacholi, N.B. Rubtsova, and A.M. Muc. - Geneva, 1999. - P. 389-395.
7. Chizhenkova R.A. Pulse flows of populations of cortical neurons under microwave exposure of different intensity // Bioelectrochemistry. - 2004, - V. 63. - No. 1-2. - P. 343-346.

8. 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. - P. 163-172.
9. Chizhenkova R.A. Mathematical analysis of bibliometrical indices of neurophysiological investigations of action of electromagnetic fields (Medline-Internet) // System technologies. - 2008. - No. 6(59). - P. 3-9.
10. Chizhenkova R.A. Impulse trains generated by populations of cortical neurons of rabbits exposed to low-intensity extrahigh-frequency electromagnetic radiation: bursting activity // Neurophysiology. - 2008. - V. 40. - Nos. 5/6. - P. 350-357.
11. Chizhenkova R.A. Mathematical analysis of bibliometrical indices of neurophysiological investigations of action of microwave radiation (Medline-Internet) // System technologies. - 2009. - No. 6(65). - P. 3-11.
12. Chizhenkova R.A. Mathematical analysis of bibliometrical indices of neurophysiological investigations of action of magnetic fields (Medline-Internet) // Intellectual systems for decision making and problems of computational intelligence. (ISDMCI'2010). Proceeding. - Evpatoria. - 2010. - V. 1. - P. 7-8.
13. Chizhenkova R.A. Pulse flows of populations of cortical neurons under microwave exposure: the number of burst activity // Radiational biology. Radioecology. - 2010. - V. 50. - No. 2. - P. 201-210 (in Russian).
14. 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. - P. 287-391.
15. Chizhenkova R.A., Safroshkina A.A. Electrical reactions of the brain to microwave irradiation // Electro- and Magnetobiology. - 1996. - V. 15. - No. 3. - P. 253-258.
16. 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. - P. 472-479 (in Russian).
17. Kholodov Yu.A. Reactions of nervous system on electromagnetic fields - Moscow: Nauka, 1975. - 207 p. (in Russian).

ОЦІНЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ МОДЕЛІ СТОХАСТИЧНОЇ ВОЛАТИЛЬНОСТІ З ВИКОРИСТАННЯМ АЛГОРИТМУ ГІББСА

Анотація. Розглянуто особливості побудови та програмної реалізації алгоритму оцінювання параметрів нелінійної моделі стохастичної волатильності. Наведено процедури оцінювання параметрів цієї моделі з використанням методу Монте Карло для марковських ланцюгів на основі алгоритму Гіббса. Створено програмний продукт на Java, який можна застосовувати в режимі пакетної обробки даних і в реальному часі.

Ключові слова: волатильность, метод Монте Карло, марковські ланцюги, алгоритм Гіббса.

Вступ

Задача оцінювання параметрів моделі стохастичної волатильності (МСВ), яка застосовується для математичного опису нестационарних фінансових часових рядів, набула великої популярності завдяки коректності її структури. Це відображається великою кількістю публікацій, присвячених розв'язанню задач побудови і застосування таких моделей, особливо у сфері аналізу фінансових процесів. У більшості з них описуються теоретичні підходи до розв'язання цієї задачі [1]. Для того щоб досягти високого рівня адекватності моделі, необхідно коректно оцінити її параметри. Одним з можливих методів оцінювання параметрів цієї моделі є метод Монте-Карло для марковських ланцюгів (МКМЛ), який по суті ґрунтується на множині алгоритмів генерування псевдовипадкових величин та їх належної обробки, а саме алгоритми Метрополіса, Метрополіса-Хастінгса та алгоритм Гіббса. Докладніше даний метод описано у роботі [2].

Робота присвячена реалізації алгоритму Гіббса для оцінювання параметрів МСВ, а саме реалізації на мові програмування Java. Відомим програмним засобом, який можна застосувати при оцінюванні параметрів лінійних і нелінійних моделей, зокрема МСВ, є середовище OpenBUGS (Open Bayesian using Gibbs sampler). Цей програмний продукт реалізовано на мові програмування Component Pascal. Він дає можливість запрограмувати бажану модель, до якої буде застосована процедура МКМЛ, використовуючи команди OpenBUGS. Оцінювання параметрів МСВ у середовищі OpenBUGS докладно описано у

роботі [3]. Середовище OpenBUGS має певну ступінь універсальності, що дає можливість застосовувати його до різноманітних моделей, проте його використання потребує певних навичок програмування. Крім того, застосування цієї системи обмежено пакетним режимом обробки даних. У даній роботі представлено альтернативний варіант реалізації алгоритму Гіббса для оцінювання параметрів МСВ, розроблений на мові програмування Java. Ця реалізація не є універсальним середовищем (розглядається тільки МСВ), але на відміну від OpenBUGS, не потребує від користувача певних навичок та містить інші переваги, розглянуті у цій роботі. Важливо також порівняти результати, отримані за допомогою різних реалізацій методу оцінювання. Незважаючи на велику кількість теоретичних робіт, майже немає прикладних програмних продуктів, посиляючись на які можна порівнювати результати моделювання. Розроблена реалізація дає можливість порівнювати результати, отримані за допомогою різних програмно-технічних засобів. Мова програмування Java – сучасний інструмент, що має широке застосування, а тому використання цього інструментарію дає можливість подальшого застосування результатів дослідження у практичних задачах, пов'язаних з аналізом фінансового ринку та інших нестаціонарних (гетероскедастичних) процесів.

Модель стохастичної волатильності

Волатильність або ступінь мінливості досліджуваного процесу характеризують стандартним відхиленням, обчисленим за умовною дисперсією. Існує кілька моделей зі змінною волатильністю [4]. У даній роботі для моделювання обрано модель стохастичної волатильності з двома незалежними гаусівськими процесами білого шуму (неперервна МСВ), запропонована Тейлором [5]:

$$\begin{aligned} y_t &= e^{\frac{h_t}{2}} u_t, \quad t \geq 1 \\ h_{t+1} &= \mu + \phi(h_t - \mu) + \sigma_v v_t, \quad t \geq 1 \\ h_1 &\sim N\left(\mu, \frac{\sigma^2}{1 - \phi^2}\right), \end{aligned} \quad (1)$$

де y_t – значення доходності у момент часу t ($t = 1, \dots, n$); h_t – лог-волатильність у момент часу t ; u_t, v_t – два незалежних гаусівських

процеси білого шуму з дисперсіями σ_v^2 та σ_u^2 , відповідно; μ, ϕ, σ_v^2 – параметри моделі, які по суті є константами.

Розглянемо деякі особливості цієї моделі. Друге рівняння моделі відображає послідовність лог-волатильностей, що утворює собою ланцюг Маркова, оскільки кожне майбутнє значення h_{t+1} залежить тільки від поточного значення h_t і не залежить від минулих. Ця послідовність лог-волатильностей утворює стаціонарний процес за умови, що $|\phi| < 1$, а при $|\phi| > 1$ процес нестаціонарний. При $\phi_t = 1$ процес буде не прогнозованим, оскільки майбутня поведінка h_{t+1} залежить тільки від випадкової величини. При моделюванні умова $|\phi| > 1$ призводить до неможливості знаходження оцінок параметрів. Загалом для коректного функціонування процедури оцінювання всі параметри моделі не повинні за модулем перевищувати 1 ($|\mu| < 1, |\sigma_v^2| < 1$).

Реалізація у середовищі OpenBUGS

Пакет OpenBUGS – це програмний продукт з великою кількістю розроблених обчислювальних функцій для генерування розподілів та обчислення оцінок параметрів моделей; він має зручний графічний інтерфейс для користувачів операційної системи Windows. На початку моделювання у середовищі OpenBUGS необхідно завантажити або створити файл з вхідними даними, файл з початковими значеннями параметрів і файл з описом MCB у синтаксисі OpenBUGS. Файл з описом MCB та докладний опис процедури отримання оцінок параметрів MCB у середовищі OpenBUGS розглянуто у роботі [3]. Варто відмітити, що у цій роботі, на відміну [3], використано інші вхідні дані, наведені нижче. Пакет OpenBUGS є готовим до застосування програмним продуктом, але реалізація алгоритму Гіббса у цьому середовищі не є достатньо прозорою (особливо для початківців), хоча деякі його основи наведено у роботі [3].

Застосування алгоритму Гіббса для MCB

Опис математичних виразів, використаних у цьому розділі, ґрунтується на роботі [6]. Алгоритм Гіббса для MCB складається з таких кроків: (1) – ініціалізація h_0 та μ, ϕ, σ_v^2 ; (2) – моделювання h_t з $h_t | h_{t-1}, y, \mu, \phi, \sigma_v^2, t = 1, \dots, n$; (3) – моделювання $\sigma_v^2 | y, h, \phi, \mu$; (4) – мо-

делювання $\phi | h, \mu, \sigma_v^2$; (5) – моделювання $\mu | h, \phi, \sigma_v^2$; (6) – перехід до 2-го кроку.

Виконання пунктів з 2 по 5, включно, є однією ітерацією реалізації алгоритму. Моделювання за Гіббсом потребує виконання декількох тисяч ітерацій для генерування вибірки. В результаті моделювання отримуємо вектори оцінок параметрів: μ , ϕ , σ_v^2 . Перед початком моделювання потрібно завантажити коректні дані.

Опис даних

За дані для моделювання взято офіційний обмінний курс Гривня/Долар, представлений Національним Банком України (НБУ) за період з 09/2010 по 12/2011; величина вибірки $n = 566$. Нехай x_{t-1} та x_t – значення курсів валют в момент часу $t-1$ та t , відповідно.

При зростанні курсу валют відношення $\frac{x_t}{x_{t-1}}$ буде більшим за одиницю, при зменшенні курсу – меншим одиниці. В МСВ (1) величиною доходності в момент часу t є величина y_t , що дорівнює логарифму відношення обмінного курсу валют, а саме:

$$y_t = \log \frac{x_t}{x_{t-1}} = \log x_t - \log x_{t-1},$$

яка може приймати додатні або від'ємні значення.

Може мати місце значна зміна в курсах обміну валют. Суттєва поступова зміна величини доходності y_t , на відміну від суттєвої точкової зміни у момент t , майже не впливає на остаточний результат. Тому доцільно зменшити вплив точкових збурень, які сильно впливають на точність результатів моделювання. З цією метою усереднимо значення доходності обмінних курсів за виразом:

$$y_t = \log x_t - \log x_{t-1} - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\log x_i - \log x_{i-1}),$$

де n величина вибірки ($n = 566$).

Зміна між двома сусідніми величинами обмінних курсів зазвичай не суттєва, що приводить до малих значень величини y_t . Для покра-

щення відображення результатів моделювання збільшимо порядок величини y_t таким чином:

$$y_t = 100 \times \left\{ \log x_t - \log x_{t-1} - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\log x_i - \log x_{i-1}) \right\}.$$

Після формування вибірки доходностей можна переходити до моделювання.

Моделювання

Виберемо S , кількість ітерацій алгоритму Гіббса, рівною 3000. Очевидно, що на початку сеансу моделювання значення оцінок параметрів досить далекі від стаціонарних. Тому оцінки параметрів, отримані на перших ітераціях алгоритму, не потрібно враховувати. Позначимо через S_0 порядковий номер ітерації алгоритму, після якого починається формування векторів параметрів; значення S_0 дорівнює 1000. Розмірність векторів дорівнює різниці кількості ітерацій алгоритму Гіббса та величини, після якої починається формування векторів параметрів: $n_{iteration} = S - S_0$. Значення, які додаються у вектори, – це результат функціонування алгоритму Гіббса на кожній ітерації:

$$\bar{\mu} = (\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_{n_{iteration}}),$$

$$\bar{\phi} = (\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_{n_{iteration}}),$$

$$\bar{\sigma} = (\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_{n_{iteration}}).$$

Першим кроком реалізації алгоритму Гіббса є ініціалізація параметрів та вектора волатильності, розмірність якого дорівнює розмірності вектора доходності y_t (на одиницю менша за вхідну вибірку даних). Прийmemo такі початкові значення: $h_t = 0, \phi = 0,975, \sigma_v^2 = 0,04, \mu = 0$. Другим кроком алгоритму є моделювання волатильності.

Моделювання h_t

Процедура отримання оцінки волатильності $h_t | h_{\setminus t}, y, \theta$, ($t = 1, \dots, n$) складається з таких кроків: (1) оцінювання середнього h_t^* ; (2) оцінювання дисперсії v^2 ; (3) оцінювання середнього μ_t ; (4) оціню-

вання середньоквадратичного відхилення σ ; (5) оцінювання волатильності h_t .

Значення h_t^* розраховується для кожного t ($t = 1, \dots, n-1$) за виразами:

$$h_1^* = \mu(1 - \phi) + \phi h_1, \text{ для } t = 1;$$

$$h_t^* = \mu + \frac{\phi\{(h_{t-1} - \mu) + (h_{t+1} - \mu)\}}{(1 + \phi^2)}, \text{ для } t = 2, \dots, n-2;$$

$$h_{n-1}^* = \mu(1 - \phi) + \phi h_{n-1}, \text{ для } t = n-1.$$

Дисперсія дорівнює: $v^2 = \frac{\sigma_v^2}{(1 + \phi^2)}$ для всіх t , крім $t = 1$ та

$t = n-1$. Для цих значень t дисперсія визначається так: $v^2 = \sigma_v^2$.

Наступним кроком є оцінювання середнього μ_t :

$$\mu_t = h_t^* + \frac{v^2}{2} \left[y_t^2 e^{-h_t^*} - 1 \right].$$

Необхідно зазначити, що саме у цьому рівнянні значення доходності y_t впливає на результати оцінювання. На оцінювання h_t^* та v^2 значення доходності y_t обмінних курсів валют впливу не має, хоча саме значення h_t^* має остаточний вплив на те, яка оцінка волатильності буде отримана в результаті реалізації однієї ітерації алгоритму Гіббса.

Значення параметрів, визначені на попередній ітерації, впливають на оцінювання h_t^* , в той час як оцінювані значення параметрів залежать від оціненого значення волатильності. Саме тому суттєве точкове збурення в обмінних курсах, а отже і у доходності, призводить до великого значення μ_t . Тоді для наступного t значення h_t^* буде великим. Результатом таких дій є нестационарність оцінок, що обчислюються. Тому для отримання точніших результатів оцінювання варто приділити увагу відсутності суттєвих точкових збурень у вхідних даних.

Останнім кроком є застосування процедури «прийняття-відхилення» результатів моделювання волатильності h_t з розподілом $f(h_t | h_{\setminus t}, \theta, y)$. Спочатку пропонуємо значення h_t з розподілом $f_N(h_t | \mu_t, v^2)$. Потім ця оцінка волатильності

$$h_t = \mu_t + v_t \varepsilon_t, \text{ де } \varepsilon_t \sim N(0,1),$$

приймається з ймовірністю

$$\frac{f^*}{g^*} = \exp \left[-\frac{y_t^2}{2} \left(e^{-h_t} - e^{-h_t^*} (1 - h_t + h_t^*) \right) \right].$$

Інакше пропонується нове значення h_t . Отримане значення волатильності буде використано у подальших кроках оцінювання параметрів за алгоритмом Гіббса.

Моделювання σ_v^2

Згідно з алгоритмом Гіббса, для розрахунку параметра σ_v^2 необхідно знати оцінки параметрів μ , ϕ та волатильність h_t . Припустивши, що $\sigma_v^2 | \phi, \mu \sim IG\left(\frac{\sigma_r}{2}, \frac{S_\sigma}{2}\right)$, параметр σ_v^2 можна змоделювати розподілом:

$$\sigma_v^2 | y, h, \phi, \mu \sim IG \left\{ \frac{n + \sigma_r}{2}, \frac{S_\sigma + (h_1 - \mu)^2 (1 - \phi^2) + \sum_{t=1}^{n-1} ((h_{t+1} - \mu) - \phi(h_t - \mu))^2}{2} \right\},$$

де IG – обернений гамма розподіл.

Тоді значення параметра σ_v^2 дорівнює:

$$\sigma_v^2 | h, \phi, \mu = \frac{S_\sigma + (h_1 - \mu)^2 (1 - \phi^2) + \sum_{t=1}^{n-1} ((h_{t+1} - \mu) - \phi(h_t - \mu))^2}{n + \sigma_r - 2}.$$

Приймаються $\sigma_r = 5$ та $S_\sigma = 0,01 \times \sigma_r$.

Моделювання ϕ

Для оцінювання параметра ϕ необхідно знати оцінки параметрів σ_v^2 та μ , а також отримані раніше оцінки волатильності. Перед початком моделювання потрібно ініціалізувати необхідні для оцінювання змінні: $\hat{\phi} = 0$, $\phi_k = 0$, $\phi^{(1)} = 20$, $\phi^{(2)} = 1,5$, $p = 0$, $\phi = 0$, $e = 0.98$, $prob = -1,0^{10}$ та інші. Запропоноване значення ϕ^* визначається з розподілу $N(\hat{\phi}, V_\phi)$, де $\hat{\phi}$ та V_ϕ визначаються таким чином:

$$\hat{\phi} = \frac{\sum_{t=1}^{n-1} (h_{t+1} - \mu)(h_t - \mu)}{\sum_{t=1}^{n-1} (h_t - \mu)^2},$$

$$V_\phi = \frac{\sigma_v^2}{\sum_{t=1}^{n-1} (h_t - \mu)^2}.$$

Якщо $\tilde{\phi} < 0,8$, то доцільно присвоїти $e = \hat{\phi}$. Для корегування параметра $\hat{\phi}$ до нього додається значення ϕ_k , яке перед цим визначається у наступному циклі:

$$e = \hat{\phi} + \phi_k,$$

$$\phi_k = \left\{ \frac{\phi^{(1)} - 1}{1 + e} - \frac{\phi^{(2)} - 1}{1 - e} \right\} \times V_\phi.$$

Достатньо повторити цикл декілька разів, наприклад 4 рази:

$$\hat{\phi} = \hat{\phi} + \phi_k.$$

Запропоноване значення ϕ_t розраховується відповідно до нормального розподілу:

$$\phi_t = \hat{\phi} + \sqrt{V_\phi} \varepsilon_t, \quad \varepsilon_t \sim N(0, u_t),$$

та приймається, якщо $\log(\eta) < prob$, де випадкова величина $\eta \in (0,1)$. Процедура оцінювання ϕ_t повторюється до того моменту, поки ϕ_t не стане меншим за 0,995. Як тільки ϕ_t стане меншим

0,995, то розраховується величина $prob$. Розглянемо докладніше процедуру отримання дисперсії нормального розподілу u та значення $prob$. Величина $prob$ є результатом застосування окремої функції, яка повертає таку різницю:

$$prob = \left\{ \left(\phi^{(1)} - 1 \right) \log(1 + \phi) + \left(\phi^{(2)} - 1 \right) \log(1 - \phi) \right\} - \left\{ \left(\phi^{(1)} - 1 \right) \log(1 + \exp Pt) + \frac{\phi - \exp Pt}{1 + \exp Pt} + \left(\phi^{(2)} - 1 \right) \log(1 - \exp Pt) - \frac{\phi - \exp Pt}{1 - \exp Pt} \right\}$$

При цьому дисперсія нормального розподілу u_t є добутком двох випадкових величин:

$$u_t = \varepsilon_t \eta_t, \quad \eta_t \sim N(l, 0),$$

де змінна l дорівнює:

$$l = \frac{(0,995 - \phi)}{\sqrt{V_\phi}}.$$

Основні часові витрати під час моделювання зумовлені тим, що при близьких до 1 значеннях $\hat{\phi}$, а відповідно і ϕ_t , потрібна велика кількість ітерацій, щоб отримати значення, яке менше за 0,995. Це значно сповільнює роботу алгоритму. Розв'язати цю проблему можна коректним вибором початкових значень змінних $\phi^{(1)}$ та $\phi^{(2)}$. Вибір цих початкових значень має безпосередній вплив на остаточні значення величини ϕ_t на одній ітерації алгоритму Гіббса та загалом на результати моделювання параметрів. Наприклад, при більшому значенні $\phi^{(2)}$ ($\phi^{(2)} = 9,5$), величина ϕ_k приймає менше значення, а тому значення ϕ_t буде також меншим. Крім зміни значень параметра ϕ_t , це має прямий вплив і на кількість необхідних ітерацій для того щоб ϕ_t було менш за 0,995 і, відповідно, на функціонування всього алгоритму.

Моделювання μ

Моделювання параметра μ потребує параметрів ϕ , σ^2 та значень волатильності. Параметр μ має нормальний розподіл

$\mu \mid h, \phi, \sigma_\eta^2 \sim N(\hat{\mu}, \sigma_\mu^2)$. Отже для його визначення необхідно знайти $\hat{\mu}$ та σ_μ^2 :

$$\hat{\mu} = \sigma_\mu^2 \left\{ \frac{(1 - \phi^2)}{\sigma_\eta^2} h_1 + \frac{(1 - \phi)}{\sigma_\eta^2} \sum_{t=1}^{n-1} (h_{t+1} - \phi h_t) \right\},$$

$$\text{та} \quad \sigma_\mu^2 = \frac{\sigma_\eta^2}{(n-1)(1-\phi)^2 + (1-\phi^2) + \sigma_\eta^2}.$$

Параметр μ_t дорівнює:

$$\mu_t = \hat{\mu} + \delta_t \sqrt{\sigma_\eta^2 \sigma_\mu^2}, \text{ де } \delta_t \sim N(1, 1).$$

Формування векторів параметрів

Останнім кроком алгоритму Гіббса на кожній ітерації є формування векторів параметрів шляхом внесення значень параметрів, які оцінені на цій ітерації алгоритму. Необхідно зауважити, що значення параметрів, отриманих на перших ітераціях алгоритму, не потрібно враховувати, оскільки вони далекі від стаціонарності. Врахування цих значень параметрів, коли коливання їх значні, може мати відображення у похибці *MCSE* та мати невірний кінцевий результат. Тому на перших *iStart* ітераціях вектори параметрів не формуються. Нагадаємо, що значення *iStart* прийнято рівним 1000.

Сумарна статистика отриманих результатів

Після формування векторів параметрів застосуємо інструментарій МКМЛ для обробки змодельованих значень параметрів. Сумарна статистика складається з таких складових: (1) середнього значення вибірки; (2) оцінки похибки середнього значення MCSE (Monte Carlo Standard Error) з використанням ядра Парзена; (3) обчислення статистики IACT (integrated autocorrelation time). Описана статистика буде однаковою для кожного параметра, представленого відповідним вектором оцінок b . Розглянемо докладніше представлену процедуру для конкретного параметра.

Середнє значення дорівнює: $(1/n) \sum_{t=1}^n b_t$, де b_t – значення параметра у векторі $b = (b_1, \dots, b_n)$ у момент t . Оцінювання похибки середнього є складнішою процедурою. Для її виконання потрібно задати ширину полоси пропускання, яка визначається емпірично. Нехай

вона дорівнює (500, 500, 100) відповідно для кожного параметра, представленого вектором оцінок. Оцінка похибки середнього розраховується так:

$$\hat{R}_{B_M} = \frac{1}{M} \left[G_0 + 2 \frac{B_M}{B_M - 1} \sum_{i=1}^{B_M} K\left(\frac{i}{B_M}\right) G_i \right],$$

де G_i оцінка автокореляції вектора, $K\left(\frac{i}{B_M}\right)$ – ядро Парзена; M – розмірність вектора b ; а B_M – відповідна оцінена полоса пропускання. Ядро Парзена має таке означення [7]:

$$K(z) = \begin{cases} 1 - 6z^2 + 6z^3, & z \in \left[0, \frac{1}{2}\right], \\ 2(1 - z^3), & z \in \left[\frac{1}{2}, 1\right], \\ 0, & z \notin [0, 1] \end{cases}$$

У процедурі оцінювання похибки MCSE спочатку варто знайти автокореляцію у початковий момент, яка визначена так:

$$G_l = \frac{1}{n-1} \sum_{k=l+1}^n (b_k - \bar{b})(b_{k-1} - \bar{b}),$$

де $\bar{b}$ – середнє значення вектора b . При $l = 0$ автокореляція G_l дорівнює дисперсії: $G_0 = \frac{1}{n-1} \sum_{k=1}^n (b_k - \bar{b})^2$. Якщо B_M дорівнює одини-

ці, то $\hat{R}_{B_M} = \frac{G_0}{M}$.

Якщо B_M не дорівнює одиниці, то

$$\hat{R}_{B_M} = \frac{1}{M} \left(G_0 + 2 \frac{B_M}{B_M - 1} \sum_{i=1}^{L_M} K\left(\frac{i}{B_M}\right) G_i \right).$$

На практиці оцінка похибки середнього визначається так: $\sqrt{\hat{R}_{B_M}}$. Останнім елементом сумарної статистики для кожного параметра, представленого вектором оцінок, є статистика ІАСТ:

$$IACT = n \frac{\hat{R}_{B_M}}{\text{var}(b)}.$$

Описана вище процедура повторюється для кожного параметра.

Реалізація на Java

Розроблений модуль на мові програмування Java дозволяє виконувати процедуру оцінювання параметрів МСВ незалежно від операційної системи. Програма розроблена таким чином, що користувачу необхідно мати лише файл, що містить інформацію про курс валют за період, який цікавить користувача. Програма автоматично перетворює вхідні дані до форми, необхідної для процедури моделювання. Наведені характеристики є значною перевагою порівняно з існуючими програмними засобами.

Вхідний файл повинен мати розширення «.xls». Програма автоматично прочитає та збереже вміст файлу в обраний тип сховища. Серед великого розмаїття можливих сховищ, що надає Java, обрано клас колекції «ArrayList», який параметризовано класом-оболонкою «Double». Саме застосування колекцій є актуальнішим, ніж інші варіанти, оскільки воно зумовлене великими обсягами оброблюваної інформації. При великій кількості об'єктів (декілька тисяч) застосування масивів не забезпечує відповідної швидкості та економії ресурсів.

Процедури обробки вхідних даних та моделювання знаходяться в різних пакетах програми. Процедура моделювання розбита на класи: оцінювання волатильності, оцінювання параметрів та клас моделювання за алгоритмом Гіббса. Загалом більшість методів є статичними, що зроблено з метою зменшення кількості об'єктів, тобто зменшення необхідних ресурсів пам'яті.

Порівняння результатів, отриманих у середовищі OpenBUGS і на Java

Нижче наведено таблиці 1, 2, 3, 4 зі значеннями оцінок параметрів, отриманих при моделюванні у середовищі OpenBUGS та за допомогою програми, розробленої на мові Java. Вхідні дані та модель, що застосовуються при моделюванні у двох середовищах, є однаковими. Реалізація алгоритму Гіббса різна у двох середовищах. У середовищі OpenBUGS алгоритм Гіббса працює для будь-якої моделі, описаної на синтаксисі середовища. У випадку із реалізацією на Java алгоритм

Гіббса реалізовано саме для МСВ. Це є ключовою різницею у цих двох реалізаціях.

Таблиця 1

Значення волатильності та оцінок параметрів у середовищі OpenBUGS
(для курсу валют Доллар/Гривня)

	Середнє	Середньо-квадратичне відхилення	Значення похибки	2,5 % медіани	Медіана	97,5 % медіани	Початкова ітерація	Кількість ітерацій
μ	-7,159	6,601	0,8905	-14,22	-12,3	0,7071	1	3000
$\beta = e^{\frac{\mu}{2}}$	0,0278 896395							
ntau	1,957	2,655	0,3576	0,0198	0,02499	7,666	1	3000
ϕ	0,6646	0,2897	0,03902	0,3312	0,4677	0,9991	1	3000
ϕ^*	0,8323	0,1448	0,01951	0,6656	0,7338	0,9995	1	3000
h_0	-1,648	6,342	0,5838	-17,15	0,07918	10,33	1	3000
h_1	8,324	12,32	1,651	-5,254	0,7053	28,32	1	3000
h_2	-3,0	2,418	0,2801	-7,017	-2,874	0,5117	1	3000
h_3	-11,29	8,627	1,129	-22,39	-15,11	0,1611	1	3000
h_4	-3,113	1,629	0,1762	-5,846	-3,335	0,0625	1	3000
h_5	-11,56	8,074	1,046	-22,1	-14,61	-0,379	1	3000
h_6	-5,168	2,54	0,3001	-8,922	-5,452	-0,508	1	3000
h_7	-5,296	2,366	0,2773	-8,848	-5,494	-0,646	1	3000
h_8	-5,991	2,744	0,323	-10,19	-6,302	-1,114	1	3000
h_9	-5,029	1,912	0,2054	-8,047	-5,238	-1,334	1	3000
h_{10}	-12,31	7,417	0,9575	-22,07	-14,72	-1,468	1	3000
h_{11}	-4,49	1,552	0,1546	-6,61	-4,828	-0,736	1	3000
h_{12}	-12,68	7,273	0,9424	-22,21	-15,21	-1,47	1	3000
h_{13}	-6,22	2,094	0,2437	-9,12	-6,752	-1,596	1	3000
h_{14}	-13,0	7,203	0,9327	-22,49	-15,74	-1,119	1	3000
h_{15}	-7,124	2,454	0,3065	-10,34	-7,62	-1,53	1	3000
h_{16}	-13,65	7,517	0,9896	-22,41	-17,02	-1,156	1	3000
h_{17}	-13,99	7,661	1,019	-22,48	-18,35	-1,507	1	3000

В результаті моделювання, яке ґрунтується на даних курсу валют Доллар/Гривня, виконаного у середовищі OpenBUGS та за допомогою розробленої на Java програми, видно, що значення отриманих оцінок параметрів (табл.1 та 2) у обох середовищах дещо відрізняються. Але виконане аналогічне моделювання на даних курсу валют Доллар/Фунт дає результати оцінювання у цьому випадку достатньо близькі (табл. 3 і 4).

Варто звернути увагу на показник похибки (MCSE), що характеризує точність отриманих результатів. А саме – величину коливань значень волатильності на протязі всіх ітерацій. За цим показником кращі результати моделювання отримано за програмою, реалізованою на мові Java.

Таблиця 2

Значення оцінок параметрів μ , σ_v та ϕ , які є результатом роботи програми на Java (для курсу валют Доллар/Гривня)

	Середнє	Значення похибки	IACF
ϕ	0,984616378263049	3,5061101701869084E-4	2,408234728720736
σ_v	0,6345097155606851	0,021770358524105575	14,37233750574505
$\beta = e^{\frac{\mu}{2}}$	0,668203583218184	0,0221129810255213	1,9070742100801392

Висновки

Використання методу Монте Карло для марковських ланцюгів дає можливість оцінювати параметри лінійних і нелінійних моделей процесів довільної природи. Використання реалізацій цього методу у відомих комп'ютерних системах обмежує його застосування режимом пакетної обробки даних. Запропонована реалізація методу у вигляді автономного програмного модуля дає можливість застосовувати його у власних розробках, які можуть функціонувати у реальному часі. В результаті виконання ряду обчислювальних експериментів встановлено, що реалізований програмно алгоритм оцінювання параметрів нелінійної моделі дає прийнятні результати стосовно точності оцінок. Зокрема, програмний продукт можна застосовувати для оцінювання параметрів моделі стохастичної волатильності. Програма дає можливість виконувати моделювання з використанням будь-якої операційної системи і не потребує спеціальної підготовки користувача.

Отриманим технічним інструментарієм на мові програмування Java можна скористатись для розв'язання задачі прогнозування рівня та волатильності випадкових змінних. У подальших дослідженнях необхідно застосовувати кілька альтернативних алгоритмів генерування псевдовипадкових послідовностей і застосовувати їх для оцінювання параметрів математичних і статистичних моделей.

Таблиця 3

Значення оцінок волатильності та параметрів, отриманих усередовищі OpenBUGS (для курсу валют Доллар/Фунт)

	Середнє	Середньо-квадратичне відхилення	Значення похибки	2.5 % медіани	Медіана	97.5 % медіани	Початкова ітерація	Кількість ітерацій
μ	-0,3951	0,343	0,04489	-1,13	-0,2963	0,0227	1	3000
$\beta = e^{\frac{\mu}{2}}$	0,82073910							
Ntau	20,85	9,376	1,246	5,393	20,44	42,49	1	3000
ϕ	0,9691	0,02302	0,0029	0,8964	0,9763	0,992	1	3000
ϕ^*	0,9845	0,01151	0,00145	0,9482	0,9881	0,996	1	3000
h_0	-0,276	0,4136	0,04879	-1,006	-0,311	0,6108	1	3000
h_1	-0,162	0,481	0,06169	-0,932	-0,267	0,764	1	3000
h_2	-0,111	0,4451	0,05346	-0,781	-0,192	0,9366	1	3000
h_3	-0,113	0,4249	0,04859	-0,811	-0,186	0,8967	1	3000
h_4	-0,093	0,3981	0,04362	-0,779	-0,135	0,8455	1	3000
h_5	-0,066	0,3779	0,04211	-0,733	-0,092	0,7786	1	3000
h_6	-0,119	0,3814	0,04314	-0,877	-0,123	0,7656	1	3000
h_7	-0,131	0,3859	0,04241	-0,878	-0,130	0,7089	1	3000
h_8	-0,153	0,3958	0,04374	-0,826	-0,145	0,7301	1	3000
h_9	-0,197	0,3662	0,03945	-0,854	-0,198	0,5858	1	3000
h_{10}	-0,211	0,3549	0,03641	-0,888	-0,225	0,44	1	3000
h_{11}	-0,212	0,3466	0,03678	-0,882	-0,189	0,403	1	3000
h_{12}	-0,306	0,3646	0,03946	-1,053	-0,268	0,3868	1	3000
h_{13}	-0,377	0,3936	0,04345	-1,131	-0,337	0,2881	1	3000
h_{14}	-0,450	0,4262	0,04844	-1,353	-0,398	0,2708	1	3000
h_{15}	-0,512	0,4402	0,0513	-1,374	-0,489	0,3354	1	3000
h_{16}	-0,567	0,4559	0,05505	-1,331	-0,578	0,2239	1	3000
h_{17}	-0,582	0,4723	0,05723	-1,396	-0,585	0,3091	1	3000

Значення оцінок параметрів μ , σ_v та ϕ , які є результатом застосування програми на Java (для курсу валют Доллар/Фунт)

	Середнє	Значення похибки	ІАСТ
ϕ	0,9853340665540052	0,0010071579551911912	42,37591635418782
σ_v	0,1378340557106563	0,005354612937519591	136,8096609285979
$\beta = e^{\frac{\mu}{2}}$	0,8102103962283373	0,009262405549490186	5,813445321318249

ЛІТЕРАТУРА

1. Jacquier E., Polson N., Rossi P. Bayesian Analysis of Stochastic Volatility Models // Journal of Business & Economic Statistics. — 1994. — Vol. 12. — P. 69 – 89.
2. Chib S., Greenberg E. Markov Chain Monte Carlo Simulation Methods in Econometrics // Econometric Theory. — 1996. — Vol. 12, — P.409 – 431.
3. Коновалюк М.М. Байєсівський аналіз моделі стохастичної волатильності в середовищі OpenBUGS // Наукові вісті НТУУ «КПІ». — 2011. — № 2. — С. 77 – 84.
4. Бідюк П.І., Коновалюк М.М. Визначення величини ризику VaR на основі оцінок параметрів моделі стохастичної волатильності // Науково-технічний журнал «Системні дослідження та інформаційні технології». — 2011.
5. Taylor S.J. Modeling Financial Time Series // John Wiley, Chichester, 1986. — 268 p.
6. Kim S., Shephard N., Chib S. Stochastic volatility: likelihood inference and comparison with ARCH models // Review of Economic Studies. — 1998. — Vol. 65, — P. 361–393.
7. Liesenfeld R., Richard J. Classical and Bayesian Analysis of Univariate and Multivariate Stochastic Volatility Models // Econometric Reviews.—2006. — Vol. 25, Issue: 2 – 3, — P. 335 – 360.

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И РЕИНЖИНИРИНГА КОРПОРАТИВНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Анотація. В статті описані основні особливості реінжиніринга корпоративних інформаційних систем підприємств теплоснабження. Розроблена послідовальність побудови і реінжиніринга для корпоративної інформаційної системи. Проведен передпроектний аналіз і розроблені сценарії для проведення реінжиніринга.

Ключевые слова: Реинжиниринг, корпоративная информационная система, передпроектный анализ, сценарии развития.

Введение. В настоящее время очевидно, что для повышения управляемости большими предприятиями топливно-энергетической сферы (с сотнями, тысячами бизнес-процессов), создание корпоративных информационных систем управления предприятием (далее КИС) является ключевым фактором развития компаний, а эффект от ее внедрения отслеживается на всех ключевых производственно-экономических показателях организации.

В последнее время все большее число предприятий жилищно-коммунального хозяйства Украины осознают необходимость создания и внедрения информационных систем, либо реинжиниринга существующих корпоративных информационных систем управления предприятием (далее КИС). Для предприятия теплоснабжения эффективность функционирования КИС, охватывающая все структурные подразделения, оказывает влияние на темпы производственного и экономического роста, эффективность использования производственно-технических, материальных и иных ресурсов, на организационную структуру и процессы, пропорции экономических и производственных процессов и т.д.

В настоящее время в условиях отсутствия как финансовой, так и технической возможности одновременного обновления основных фондов теплоснабжающих предприятий и модернизации большого количества устаревшего оборудования особую актуальность приобретает необходимость реинжиниринга и перестройки существующих систем и совершенствования функционирования существующей корпоратив-

ной информационной системы для эффективного использования всех видов ресурсов как на предприятии теплоснабжения, так и целого комплекса ЖКХ.

Постановка задачи

В статье рассмотрены особенности проектирования и реинжиниринга корпоративных информационных систем и методику перехода от бизнес-процессов, которые автоматизируются при помощи КИС к будущим элементам автоматизированной системы при ее внедрении на предприятии топливно-энергетической сферы ЖКХ, в частности компании теплоснабжения.

Основные особенности построения проектов корпоративной информационной системы на предприятиях теплоснабжения.

Понимание всех аспектов методики и практической специфики перехода от бизнес-процессов, которые автоматизируются при помощи КИС к будущим элементам автоматизированной системы, является одним из самых важных факторов при реализации проекта по реинжинирингу и внедрению КИС. Основной задачей КИС как раз является автоматизация именно функций, которые выполняются на предприятиях в рамках определенных бизнес-процессов[1,6,7]. На рис.1 представлена последовательность построения и реинжиниринга КИС.

На первом этапе необходимо определить основные цели и задачи проектирования и реинжиниринга системы. В зависимости от масштаба проекта необходимо определиться с объемом работ и сроками работ. На втором этапе идет согласование проектных требований. Затем идет уточнение и декомпозиция целей на локальные цели которые необходимо достичь в определенные сроки. На следующем этапе устанавливается иерархия задач и определяются основные критерии и целевые показатели с помощью которых оценивается эффективность отдельных этапов проекта. На этапе определения стратегии построения и развития информационной системы определяются основные стратегические аспекты проекта. Рассматриваются сценарии развития системы. С помощью критериев и целевых показателей определенных на предыдущих этапах определяется оптимальный сценарий развития системы[3].

На следующих этапах изучаются элементы бизнес-процессов, определяются ресурсы необходимые для реализации проекта, уточ-

няются требования к элементам системы и разрабатывается архитектура системы. Следующий этап, это этап реализации, на котором выбираются программные продукты для реализации и реализуются отдельные части проекта.



Рисунок 1 – Последовательность построения и реинжиниринга КИС

Основными функциями которые необходимо автоматизировать на предприятии теплоснабжения являются функции управления и мониторинга. Эффективное управление современным предприятием представляет собой довольно нетривиальную задачу, учитывая многообразие используемых ресурсов и высокую скорость изменения операционного окружения. Основными функциями управления являются, как известно, планирование, организация, активизация, координация, контроль и анализ, которые осуществляются в многомерном пространстве различных областей деятельности предприятия. Формируемые в ходе выполнения вышеперечисленных функций управленческие решения служат отправным моментом для конкретных исполнителей. Очевидно, что в состав КИС предприятий теплоснабжения должны войти средства для документационного обеспечения управления и мониторинга, информационной поддержки предметных облас-

тей, коммуникационное программное обеспечение, средства организации коллективной работы сотрудников и другие вспомогательные (технологические) продукты. Из этого, в частности, следует, что обязательным требованием к КИС является интеграция большого числа программных продуктов. Подобная широкопрофильная система должна в равной, максимально допустимой, степени удовлетворить все подразделения предприятия теплоснабжения, по возможности сохранить существующие бизнес-процессы, а также методы и структуру управления. Без привлечения автоматизации практически нельзя контролировать постоянно меняющиеся бизнес-процессы[2].

Наиболее органичным и эффективным способом построения КИС, при котором были бы выполнены вышеперечисленные функции и требования к технологичности, является использование в качестве ядра всего информационного комплекса интегрированной системы автоматизации.

Построенная таким образом КИС характеризуется одновременно универсальностью и эффективностью. Она способна автоматизировать деятельность предприятия с учетом реинжиниринга. Интегрированный комплекс может создаваться на базе разрозненных автоматизированных рабочих мест, т. е. с использованием уже имеющегося системного и прикладного программного обеспечения. Не стоит забывать также, что при применении в предложенной структуре современных workflow-систем, которые характеризуются открытостью и широкими возможностями по настройке, легко достигается динамичная и гибкая модификация целей и функций КИС.

Реинжиниринг КИС

Следует выделить уровни рассмотрения и исследования аспектов, связанных с реинжинирингом информационных систем.

– первый уровень включает исследования, направленные на достижение концептуального понимания деятельности по реинжинирингу ИС. Именно на этом уровне исследуются вопросы адекватного определения понятия «реинжиниринг ИС», определения места реинжиниринга в жизненном цикле (ЖЦ) ИС, в том числе выявление связей процесса реинжиниринга ИС в целом с другими процессами ЖЦ ИС[1,4].

– второй уровень содержит исследования, основная цель которых заключается в выявлении основных шагов (действий), реализуемых в

процессе реинжиниринга и в определении связей между основными шагами процесса. Здесь в сферу рассмотрения попадают потоки управления и потоки данных между основными шагами процесса, основные роли, соотносимые с исполнителями процесса, а так же правила распределения ролей среди команды исполнителей. Исследования и разработки на этом уровне проводятся как без учета, так и с учетом вводимых ограничений (например, архитектурных решений, которым должны соответствовать подлежащие реинжинирингу ИС)

– на третьем уровне рассматриваются (исследуются и разрабатываются) методы, каждый из которых направлен на решение некоторой локальной задачи, возникающей в процессе реинжиниринга ИС, например, выполнения определенного шага процесса. По сути, эти методы воплощают собой некоторые вполне конкретные решения, с которыми соотносится определенная область применения .

– четвертый уровень включает исследование и разработку инструментальных программных средств, автоматизирующих применение подходов, методов и технологий, рассматриваемых на предыдущих уровнях.

На предприятиях теплоснабжения проблема реинжиниринга информационных систем имеет определенные особенности, главная из которых это то, что определенная часть сетей теплоснабжения постоянно находится в состоянии ремонта или реконструкции. Это выдвигает определенные требования к системе управления ресурсами сети, кроме того для любой системы теплоснабжения необходимо предусматривать и прогнозировать возможности дальнейшего развития системы. При этом архитектура корпоративной информационной системы должна удовлетворять этим особенностям и быть достаточно гибкой[2,4,5].

В связи с этим был предложен следующий следующий перечень этапов реинжиниринга корпоративных информационных систем для предприятий теплоснабжения:

1. Определение стратегических целей и тактического плана проекта реинжиниринга.
2. Исследование существующей информационной системы.
3. Разработка будущей модели деятельности предприятия и системы.
5. Разработка и уточнение общей архитектуры системы.

6. Разработка и уточнение корпоративных стандартов.
7. Разработка элементов системы.
6. Настройка и тестирование системы.
7. Обучение конечных пользователей.
8. Опытная эксплуатация.
9. Окончательное документирование.
10. Ввод системы в промышленную эксплуатацию.

На основании предложенного подхода был реализован проект корпоративной информационной системы коммунального предприятия теплоснабжения. На ряде этапов выполнения проекта, в частности для выполнения декомпозиции структуры работ применялся программный продукт Project Manager (далее PM) серии Primavera Enterprise разработчика фирмы Primavera Systems. На рис. 2 показан фрагмент декомпозиции структуры работ. На рис. 3 представлен Укрупненный план создания работ по реинжинирингу. Дополнительно было разработано ряд сценарных планов для прогнозирования затрат при различных последовательностях реинжиниринга на конкретном предприятии теплоснабжения. Сценарии были разработаны в среде S-PLAN.

Код WBS	Название WBS	Ответственный
ВНЕДРЕНИЕ	Внедрение АСУП	Руководитель команды проекта (группы внедрения)
ВНЕДРЕНИЕ.1	Обследование организации и разработка ТЗ на АСУП	Руководитель команды проекта (группы внедрения)
ВНЕДРЕНИЕ.2	Разработка модели функционирования АСУП	Координатор от консалт. фирмы
ВНЕДРЕНИЕ.3	Разработка основной структуры (EPS, OBS и т.д.)	Координатор от организации
ВНЕДРЕНИЕ.4	Разработка пилотного проекта	Координатор от организации
ВНЕДРЕНИЕ.4.1	Разработка WBS	Специалист от организации
ВНЕДРЕНИЕ.4.2	Заполнение БД информацией по пилотному проекту	Специалист от организации
ВНЕДРЕНИЕ.4.3	Отработка производственных файлов и данных	Специалист от организации
ВНЕДРЕНИЕ.5	Документирование АСУП	Координатор от консалт. фирмы
ВНЕДРЕНИЕ.5.1	Разработка пояснительной записки на АСУП	Специалист от консалт. фирмы
ВНЕДРЕНИЕ.5.2	Разработка регламентов функционирования АСУП	Специалист от консалт. фирмы
ВНЕДРЕНИЕ.5.3	Разработка инструкций персонала АСУП	Специалист от консалт. фирмы
ВНЕДРЕНИЕ.6	Обучение персонала	Координатор от консалт. фирмы
ВНЕДРЕНИЕ.7	Поставка ПО	Координатор от консалт. фирмы
ВНЕДРЕНИЕ.8	Сдача АСУП в эксплуатацию	Руководитель команды проекта (группы внедрения)
ВНЕДРЕНИЕ.9	Организационное обеспечение внедрения АСУП	Координатор от организации

Рисунок 2 – Декомпозиция структуры работ по созданию КИС

Выводы

Разработка последовательности реинжиниринга для конкретного предприятия теплоснабжения на основе представленной методики и сценариев существенно сократило затраты на проектирование отдельных элементов корпоративной информационной системы. В результате проведенной работы был создан проект реинжиниринга корпоративной информационной системы для коммунального предприятия теп-

лоснабжения. Проект характеризуется большим объемом работ по разработке и внедрению различных компонентов программного обеспечения.

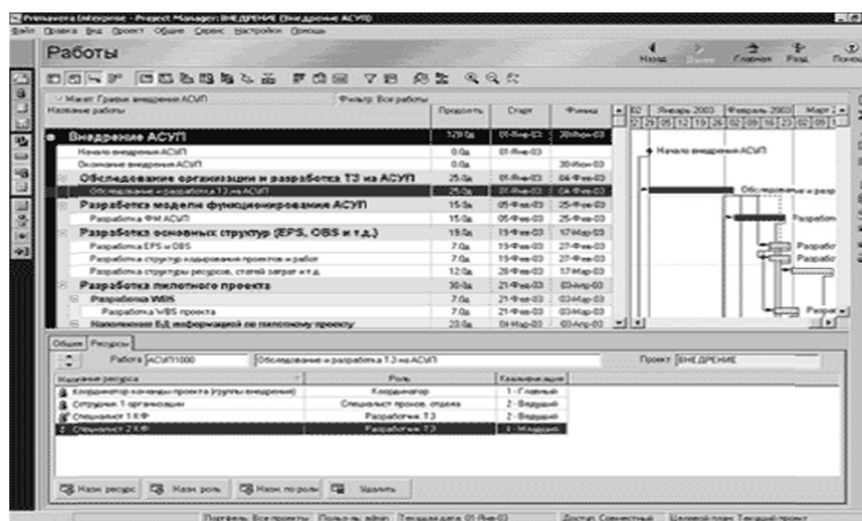


Рисунок 3 – Укрупненный план создания КИС

ЛИТЕРАТУРА

1. Ахтырченко К.В., Сороковаша Т.П. Методы и технологии реинжиниринга ИС.– Труды Института системного программирования РАН, 2003
2. Бородатова М.В. Автоматизация моделирования объектов реинжиниринга/ ,М.В. Бородатова, Ю.М. Шерстюк. СПб: Изд-во СПбГТУ, 1999. 62 с.
3. Гожий А.П., Краснов Н.Е. Организация выбора вариантов реинжиниринга информационных систем для предприятия теплоснабжения // Наукові праці ЧДУ ім. Петра Могили: Миколаїв, серія: Комп'ютерні технології.-Вип.143, Т.130 – с.80-87.
4. Зуховицкий С.И. Математические методы сетевого планирования/ С.И.Зуховицкий, И.А.Радчик. – М.: Наука, 1965. – 296 с.
5. Костров А.В. Основы информационного менеджмента. – М.: Финансы и статистика, 2001.
6. Калянов Г.Н. Теория и практика реорганизации бизнес-процессов – М.: СИНТЕГ, 2000.
7. Калянов Г.Н. Структурный системный анализ – М.: Лори, 1996.

М.В. Гончарова, А.В. Касицкий, П.И. Бидюк

АНАЛИЗ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ЭВМ ПРИ МНОГОПОТОЧНОЙ РЕАЛИЗАЦИИ ВЫЧИСЛЕНИЙ

Аннотация. Исследована задача повышения производительности приложений для параллельных ЭВМ путем многопоточной реализации вычислений. Для классических вычислительных задач построены и программно реализованы последовательный и параллельный алгоритмы, выполнен их сравнительный анализ и тестирование на различных архитектурах ЭВМ.

Ключевые слова: параллельные ЭВМ, производительность компьютеров, многопоточные приложения.

ВВЕДЕНИЕ

Ключевой характеристикой работы компьютеров принято считать его производительность. Наиболее перспективными направлениями увеличения производительности является: увеличение скорости работы электрических схем и внедрение параллелизма обработки данных. Последнее стало особо актуальным с распространением многоядерных компьютеров, но рост аппаратного параллелизма архитектуры должен сопровождаться совершенствованием программного обеспечения, иначе никакого выигрыша в производительности получено не будет. Важно не только создавать новые многопоточные приложения, но и оптимизировать под многоядерные процессоры старое программное обеспечение.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

На основании принципов разработки многопоточных приложений необходимо построить и программно реализовать последовательные и параллельные алгоритмы решения таких классических, широко используемых задач, как вычисление частных сумм гармонического ряда и сортировка массива. Также следует проанализировать эффективность разработанных приложений, протестировав их на различных архитектурах вычислительных систем.

ВЫЧИСЛЕНИЕ ЧАСТНЫХ СУММ ГАРМОНИЧЕСКОГО РЯДА

В качестве простого примера рассмотрим задачу вычисления частных сумм гармонического ряда:

$$S = \sum_{k=1}^N \frac{1}{k}. \quad (1)$$

Последовательный алгоритм вычисления частичной суммы гармонического ряда из N элементов может быть реализован на языке C++ следующим образом:

```
double Sum1(int N)
{
    //One thread solution
    double res=0;
    for(int i=1;i<=N;i++)
        //Main summing cycle
        res+=1./i;//Add-up
    return res;}

```

Очевидно, что можно реализовать и параллельный алгоритм суммирования. Разобьем сумму (1) на две: $S = S_1 + S_2$, где $S_1 = \sum_{k=1}^{N/2} \frac{1}{k}$,

$S_2 = \sum_{k=N/2+1}^N \frac{1}{k}$. Эти суммы независимы и могут вычисляться параллельно в отдельных потоках (threads). Реализация этого алгоритма при помощи стандартных средств ОС Windows:

```
struct Tparam{
    //Structure with all parametrs we need to pass
    //to our thread function
    int L,R;
    //Left and Right limits of summing range
    double res;
    //The result thred function will return
    Tparam(int L,int R):L(L),R(R),res(0){}
    //Simple constructor
};

static unsigned long __stdcall ThreadFunc(void * params){
    //Thread function
    Tparam p=((Tparam*)params);
    //Convert parameters to the "readable" view
    for(int i=p.L;i<=p.R;i++)
        //Main summing cycle
        p.res+=1./i;//Add-up
    ((Tparam*)params)->res=p.res;
    //Return the sum value
    return 0;
}

double Sum2(int N){
    //Two thred solution
    HANDLE h[2];
    //Two handles for two threads

```

```

Tparam
a1(1,N/2),
//First thread parametr
//[1 .. N/2] range
a2(N/2+1,N);
//Second thread parametr
//[N/2+1 .. N] range
h[0]=CreateThread(NULL,0,ThreadFunc,(void*)&a1,0,NULL);
//Sum [1 .. N/2]
h[1]=CreateThread(NULL,0,ThreadFunc,(void*)&a2,0,NULL);
//Sum [N/2+1 .. N]
WaitForMultipleObjects(2,h,true,INFINITE);
//Wait for both threads to finish
return a1.res+a2.res;
//Sum[1 .. N] = Sum[1 .. N/2] + Sum[N/2+1 .. N]
}

```

Сравним скорость выполнения параллельного и последовательного алгоритма путем вызова обеих функций Sum1 и Sum2 с одинаковым параметром (например, пусть $N=1000000000$); при этом измеряется время, необходимое для вычислений. Для этого определим класс `__timer`, в котором будет использоваться функция `clock()`, прототип которой содержится в заголовочном файле `<ctime>`, она возвращает процессорное время.

```

class __timer{
//Just timer class. Used for time mesurment
time_t t0,t1;
//Variables to store start and stop times
public:
void Start(){
//Set start time
t0=clock();
}
void Stop(){
//Set stop time
t1=clock();
}
double Time(){
//Calculate the difference in seconds, and return it
return 1.*(t1-t0)/CLK_TCK;
}
};

```

Таким образом, ускорение параллельного алгоритма, по сравнению с последовательным, можно провести на основе анализа результатов работы функции `HarmonicSum`. В ней выполняется суммирование при помощи обоих алгоритмов, при этом замеряется время, необходимое для выполнения каждого из них.

```
void HarmonicSum(int N=1000000000){
    double ans;
    cout<<"HarmonicSum"<<endl;
    //One Thread
    cout<<"One Thread Algorithm:"<<endl;
    Timer.Start();
    ans=Sum1(N);
    cout<<"Result = "<<ans<<endl;
    Timer.Stop();
    cout<<"Time was "<<Timer.Time()<<endl;
    //Two Threads
    cout<<"Two Threads Algorithm:"<<endl;
    Timer.Start();
    ans=Sum2(N);
    cout<<"Result = "<<ans<<endl;
    Timer.Stop();
    cout<<"Time was "<<Timer.Time()<<endl;
    cout<<endl;
}
```

СОРТИРОВКА МАССИВА

Для решения многих прикладных задач важной является проблема сортировки данных. На языке C++ функцией `sort(first, last)` Стандартной библиотеки шаблонов (STL) реализован алгоритм сортировки IntroSort. Эта функция сортирует диапазон `[first...last)` в порядке неубывания. Не будем вдаваться в суть алгоритма сортировки, для данного исследования это не принципиально.

Допустим, что дан массив A , который состоит из N произвольных целых чисел. Необходимо отсортировать его по неубыванию. Последовательный вариант сортировки без труда выполняется упомянутой выше функцией `sort`: `sort(A,A+N)`.

Попробуем ускорить процедуру сортировки при использовании нескольких ядер. Для этого разделим исходный неупорядоченный массив на две части так, чтобы максимальный элемент первой части не превышал минимального элемента второй части (по аналогии с алгоритмом сортировки Хоара). Отсортировав каждую часть независимо, получим искомый массив.

Оптимальное быстроедействие метода может быть достигнуто при разбиении массива на блоки одинакового размера. Для этого воспользуемся стандартным алгоритмом библиотеки STL `nth_element(first, nth, last)`. Время, требуемое для работы этого алгоритма, линейно зависит от размера массива, поэтому его использование не должно привести к большим затратам времени.

После операции `nth_element` элемент диапазона `[first...last)` в позиции, определенной параметром `nth`, является элементом, который был бы в этой позиции, если бы диапазон был полностью отсортирован. Также для любого итератора `i` в диапазоне `[first...nth)` и любого итератора `j` в диапазоне `[nth...last)` выполняется необходимое нам условие: $*i \leq *j$. Соответственно, выполнив `nth_element(A,A+N/2,A+N)`, получим требуемое разбиение массива. Сортировка двух частей массива выполняется так, как и для последовательного алгоритма, с помощью функции `sort`.

Реализация на языке C++:

```
struct Tparam{
    //Structure with all parametrs we need to
    //pass to our thread function
    int *L,*R;
    //Left and Right limits of the sorting range
    Tparam(int *L,int *R):L(L),R(R){}
    //Simple constructor
};

void Fill(int*A,int N,int seed){
    //Fill the array with "random" numbers
    srand(seed);
    //We use the same seed for both algorithms
    for(int i=0;i<N;i++)
        A[i]=rand();
}

static unsigned long __stdcall ThreadFunc(void * params){
    Tparam p=((Tparam*)params);
    //Convert parameters to the "readable" view
    sort( p.L , p.R );
    //Sort specified range with standart sort() function
    return 0;
}

void sort2(int* A,int *ApN){
    int N=int(ApN-A);
    //N is the nuumber of elements to sort
    //We use standart method to divide the array
    nth_element(A,A+N/2,A+N);
    HANDLE h[2];
    //Two handles for two threads
    Tparam a1(A+0,A+N/2),
    //First thread parametr - [0 .. N/2) range
    a2(A+N/2,A+N);
    //Second thread parametr - [N/2 .. N) range
    h[0]=CreateThread(NULL,0,ThreadFunc,(void*)&a1,0,NULL);
    //Sort [0 .. N/2)
    h[1]=CreateThread(NULL,0,ThreadFunc,(void*)&a2,0,NULL);
```

```
//Sort [N/2 .. N)
WaitForMultipleObjects(2,h,true,INFINITE);
//Wait for both threads to finish
}

int* A;
//The array we'll sort

void Sorting(int N=100000000){
    A=new int[N];
    //Allocate the memory
    int seed=clock();
    //Define common seed
    cout<<"Sorting"<<endl;
    //One Thread
    cout<<"One Thread Algorithm:"<<endl;
    Fill(A,N,seed);
    Timer.Start();
    sort(A,A+N);
    Timer.Stop();
    cout<<"Time was "<<Timer.Time()<<endl;
    //Two Threads
    cout<<"Two Threads Algorithm:"<<endl;
    Fill(A,N,seed);
    Timer.Start();
    sort2(A,A+N);
    Timer.Stop();
    cout<<"Time was "<<Timer.Time()<<endl;
    cout<<endl;
}
```

ТЕСТИРОВАНИЕ

Тестирующая программа написана на языке C++, откомпилирована в Microsoft Visual Studio 2005 в режиме Release. Тесты выполнены на компьютерах под управлением ОС Windows XP с .Net Framework 2.0. Все компьютеры были оборудованы как минимум 512Мб оперативной памяти (максимальное использование памяти программой значительно меньше). Результаты тестирования приведены в таблицах 1 и 2.

Положение компьютеров в таблице не означает, что какой-то процессор лучше, а какой-то хуже. Таблицы отображают лишь то, как процессоры показали себя на конкретных задачах.

Для тестирования программы произведен подсчет суммы первых 1000000000 членов гармонического ряда. В колонке 1 Thread отображено время работы однопоточной реализации алгоритма, в колонке 2 Threads — двухпоточной. Результаты упорядочены по времени работы двухпоточной реализации.

Таблица 1

Вычисление частичных сумм гармонического ряда

CPU_Name	CPU Freq	L2 Cash	Cores#	Mem_Freq	1 Thread	2 Threads
Intel® Core™ 2 Duo E8400	3,00GHz	1x 6MB	2	1000MHz	6,72	3,41
Intel® Pentium® DC E5200	2,50Ghz	1x 2MB	2	800 MHz	8,25	4,17
AMD Turion™ 64x2	1,86GHz	1x 512kB	2	532MHz	9,88	5,03
Intel® Pentium® D	2,80GHz	2x 2MB	2	800MHz	15,03	7,55
Intel® Pentium® D	2,67GHz	2x 1MB	2	800MHz	16,59	8,08
Intel® Pentium® DC T2390	1,86GHz	1x 1MB	2	532MHz	16,75	8,38
AMD Athlon™ XP 3000+	2,17GHz	1x 512kB	1	400MHz	8,42	8,47
AMD Athlon™ 64 3200+	2,01GHz	1x 512kB	1	400MHz	8,70	8,56
AMD Sempron™ 3000+	1,80GHz	1x 512kB	1	400MHz	10,03	9,94
Intel® Core™ 2 Duo T5200	1,60GHz	1x 2MB	2	532MHz	20,28	10,16
Intel® Celeron® D	3,06GHz	1x 512kB	1	532MHz	13,50	13,44
Intel® Pentium® 4	3,20GHz	1x 2MB	1(2HT)	664MHz	13,20	14,59
Intel® Celeron® M 440	1,86GHz	1x 1MB	1	532MHz	17,61	18,02
Intel® Celeron® M	1,70GHz	1x 1MB	1	400MHz	18,67	19,13
Intel® Celeron®	2,66GHz	1x 256kB	1	266MHz	20,02	27,88

Для всех двухядерных процессоров время работы двухпоточной реализации оказалось практически в два раза меньшим, чем однопоточной. Для одноядерных процессоров время двухпоточной реализации близко ко времени однопоточной. При этом, двухпоточная слегка выигрывает на более новых процессорах и проигрывает на старых (чем старше процессор, тем больше проигрыш). Это связано с тем, что производители все больше оптимизируют свои процессоры для выполнения многопоточных приложений.

Таблица 2

Сортировка массива

CPU_Name	CPU Freq	L2 Cash	Cores#	Mem_Freq	1 Thread	2 Threads
Intel® Core™ 2 Duo E8400	3,00GHz	1x 6MB	2	1000MHz	7,16	4,47
Intel® Pentium® DC E5200	2,50Ghz	1x 2MB	2	800 MHz	8,84	5,45
Intel® Pentium® DC T2390	1,86GHz	1x 1MB	2	532MHz	11,39	7,64
Intel® Pentium® D	2,80GHz	2x 2MB	2	800MHz	13,63	8,19
AMD Turion™ 64x2	1,86GHz	1x 512kB	2	532MHz	14,08	8,31
Intel® Core™ 2 Duo T5200	1,60GHz	1x 2MB	2	532MHz	13,92	8,91
Intel® Pentium® 4	3,20GHz	1x 2MB	1(2HT)	664MHz	12,38	8,97
Intel® Pentium® D	2,67GHz	2x 1MB	2	800MHz	15,78	10,42
Intel® Celeron® M 440	1,86GHz	1x 1MB	1	532MHz	12,06	12,23
AMD Athlon™ 64 3200+	2,01GHz	1x 512kB	1	400MHz	12,09	12,52
Intel® Celeron® D	3,06GHz	1x 512kB	1	532MHz	12,72	12,92
Intel® Celeron® M	1,70GHz	1x 1MB	1	400MHz	13,25	13,75
AMD Athlon™ XP 3000+	2,17GHz	1x 512kB	1	400MHz	16,89	16,75
Intel® Celeron®	2,66GHz	1x 256kB	1	266MHz	51,19	49,91
AMD Sempron™ 3000+	1,80GHz	1x 512kB	1	400MHz	81,44	83,13

Для тестирования быстродействия вычислений также произведена сортировка массива из 100000000 32-битных целых чисел, сгене-

рированных случайным образом. В колонке 1 Thread отображено время работы однопоточной реализации алгоритма, в колонке 2 Threads — двухпоточной. Результаты упорядочены по времени работы двухпоточной реализации. Для всех двоядерных процессоров время работы двухпоточной реализации примерно в 1,6 раза меньше чем однопоточной. Коэффициент 2 не достигается, потому что процедура `nth_element()` выполняется однопоточно и выполняется одновременное обращение к памяти. Необходимо обратить внимание на то, что одоядерный Pentium 4 с технологией HT показал ускорение в 1,38 раза, несмотря на то, что он имеет только одно физическое ядро. Для одоядерных процессоров (без HT) время двухпоточной реализации близко ко времени однопоточной (небольшие отклонения вызваны в первую очередь тем, что используются разные алгоритмы).

ВЫВОДЫ

Разработаны многопоточные приложения для реализации алгоритма вычисления гармонической суммы ряда и сортировки массива. Созданные программы протестированы на различных архитектурах ЭВМ. На основе собранной информации сделаны выводы о характеристиках исследуемых компьютеров и реальному ускорению производительности вычислений:

Большая частота не означает большую производительность, как считалось еще несколько лет назад. Это можно заметить, сравнив результаты, полученные для Intel® Core™ 2 Duo E8400 3,00GHz и Intel® Celeron® D 3,06GHz (табл. 1, 2).

Чрезвычайно важными являются размер и принцип организации кэш-памяти.

Процессоры AMD быстрее работают с арифметикой, чем Intel того же класса. Intel в свою очередь лучше использует механизм кеширования.

Intel® Pentium® 4 с технологией Hyper-Threading характеризуется ускорением для двухпоточных приложений, несмотря на то, что он имеет только одно физическое ядро.

Важную роль играет быстродействие памяти. По этой причине Intel® Celeron® с памятью 266MHz показал значительно худшие результаты по сравнению со своими конкурентами.

На двоядерных процессорах, распараллеливание арифметических операций дает выигрыш почти в два раза. В то же время, распарал-

лелив «активные» обращения к памяти, получим ускорение в среднем в полтора раза, даже при двухканальной архитектуре памяти.

Прирост производительности в целом достаточно велик; при этом, чем новее процессор, тем этот прирост больше.

ЛИТЕРАТУРА

1. Джиллеспы М. Масштабирование программных архитектур для многоядерных вычислительных систем будущего. // доступно по адресу <http://softwarecommunity-rus.intel.com/articles/rus/1276.htm>.
2. Чабуксвар Р. Максимизация энергосбережения на мобильных платформах // доступно по адресу <http://softwarecommunity-rus.intel.com/articles/rus/2702.htm>.
3. Мэттсон Т. Основы многопоточного программирования // доступно по адресу <http://softwarecommunity-rus.intel.com/articles/rus/1201.htm>.

УДК 629.764.

А.В. Дегтярев, А.Э. Кашанов, Л.В. Кривобоков

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К ПЛАНИРОВАНИЮ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ОТРАБОТКИ НОВЫХ И МОДЕРНИЗИРУЕМЫХ РАКЕТ-НОСИТЕЛЕЙ

Аннотация. Выполнен системный анализ основных принципов организации и проведения экспериментальной отработки ракеты - носителя и ее частей. Разработан показатель эффективности экспериментальной отработки.

Ключевые слова: Ракета – носитель, экспериментальная отработка, условия испытаний, летные испытания, сборочная единица.

Экспериментальная отработка, как определяющий этап разработки или модернизации ракет-носителей (РН), решает следующие основные задачи:

подтверждение правильности основных технических решений, принятых на проектных стадиях;

подтверждение требований к надежности систем, в том числе с использованием опыта предыдущих разработок и существующего оборудования;

проведение анализа выявленных в результате испытаний дефектов, разработка и реализация мероприятий для устранения их причин с последующим подтверждением эффективности доработок дополнительными испытаниями;

обеспечение перехода к серийному производству.

В целом полный объем экспериментальной отработки ракетно – космической техники (РКТ) делится на два этапа:

- наземная отработка (НЭО);
- летные испытания (ЛИ).

Порядок планирования и организация экспериментальной отработки изделий РКТ регламентирован целым рядом директивных документов и определяется как демонстрация Заказчику того, что продукция, произведена в соответствии с установленной конфигурацией, удовлетворяет техническим требованиям в заданных условиях эксплуатации. Главным требованием отработки является максимальное приближение условий испытаний к эксплуатационным. Такие условия удастся получить только при летных испытаниях ракетной тех-

ники, что принципиально отличает ее от других видов техники.

Современные рыночные тенденции разработки сложных систем планирования экспериментальной отработки требуют оптимизации количества материальной части для испытания, исходя из экономии финансовых затрат при одновременном выполнении заданных эксплуатационных характеристик ракетного комплекса (в первую очередь - надежности и безопасности).

Оптимизация отработки РН и обоснование оптимального соотношения объемов между рассматриваемыми этапами (НЭО и ЛИ) являются в настоящее время очень актуальной задачей, решаемой лишь частично для отдельных простых систем. Одним из ключевых подходов к разработке РКТ является максимально широкое использование в новой разработке ранее принятых принципиальных схемно-технических решений, разработанных и прошедших испытания (в том числе и летные) узлов, систем и агрегатов РН и систем наземного комплекса. Такой подход в первую очередь значительно повышает надежность новых систем и снижает общий уровень затрат на разработку.

Системный подход к экспериментальной отработке в современных условиях кроме того диктует требование о значительном смещении центра тяжести отработки в сторону НЭО и снижения объемов и длительности ЛИ. Внедрение в отработку методов и программ моделирования, совмещение объектов и видов испытаний, повышение точности экспериментов и т.п. позволяют значительно уменьшить затраты и время на наземную отработку.

Однако, несмотря на внедрение вышеупомянутых способов оптимизации отработки, полностью заменить этап НЭО расчетами и моделированием в настоящее время не предоставляется возможным как из-за сложности самой РН и ее интерфейсов, так и из-за сложности протекающих процессов ее функционирования.

Задача оптимизации экспериментальной отработки решалась многими авторами в различной постановке и при различных ограничениях [1 - 3]. В работе [3] рассмотрен подход, который позволяет построить кривые роста эффективности сложной системы по результатам испытаний отдельных составных частей. В данной работе сказано, что опыт отработки показал, что дефекты выявляются на самых различных этапах экспериментальной отработки и процесс выявле-

ния дефектов является случайным. Однозначным утверждением является то, в процессе отработки эффективность системы возрастает и описывается экспоненциальными кривыми.

Однако при реальном проектировании на сегодняшнем этапе развития РКТ в новых или модернизируемых разработках, исходя из требований повышения надежности, снижения затрат и сроков на разработку рассматривается возможность и необходимость заимствования технического опыта предыдущих разработок. В таких условиях требуется разработка новых комплексных критериев, содержащих финансовую составляющую. Такие критерии уже на стадии раннего проектирования должны количественно характеризовать новую разработку.

Определим термин «планирование наземных испытаний РН» как нахождение таких условий и правил проведения испытаний, при которых удастся получить наиболее надежную и достоверную информацию о работоспособности РН в заданных условиях с наименьшими затратами средств на проведение испытаний и представить эту информацию в компактной и удобной для использования форме с количественной оценкой ее точности, если таковую можно получить.

Для выполнения указанных условий используются основные принципы организации и проведения экспериментальной отработки РН и ее составных частей, эффективность которых подтверждена многолетним опытом создания ракетной техники:

- максимальное использование опыта предыдущих разработок, планирование испытаний для тех элементов и сборок, которые имеют непроверенные схемные и конструктивные решения или функционирующих в условиях, для которых расчетные методы дают недостаточно точный прогноз работоспособности, а также для случаев, когда экспериментальное подтверждение работоспособности или характеристик является отдельным требованием Заказчика;
- экспериментальная отработка осуществляется поэтапно с последовательным усложнением конструкции объектов испытаний;
- экспериментальная проверка схемных проектных и конструктивных решений осуществляется в условиях, максимально приближенным к условиям эксплуатации;
- использование при отработке современных методов контроля, наиболее эффективно выявляющих причины возможных отказов;

- осуществление отработки в условиях эффективно функционирующей системы сбора и обработки информации результатах испытаний, а также эффективной системы реализации мероприятий по устранению причин отказов;

- повторное или многократное использование опытных конструкций, участвующих в отработке с целью сокращения затрат на отработку.

Основной целью НЭО является практическая демонстрация на наземных стендах того, что продукция произведена в соответствии с установленной конфигурацией, удовлетворяет требованиям ТЗ, ИД в заданных (или максимально приближенных к заданным) условиях эксплуатации. Основная задача НЭО – максимальное приближение условий испытаний и конструкции к реальным условиям эксплуатации и штатной конструкции РН.

Вышеуказанные принципы, цели и задачи воплощаются в план наземной экспериментальной отработки РН и ее составных частей – «Комплексный план экспериментальной отработки» (КПЭО).

Завершающим и важнейшим этапом экспериментальной отработки РН является этап летных испытаний. В соответствии с требованиями нормативно-технической документации основными целями ЛИ являются:

- всесторонняя проверка и подтверждение характеристик РН и ракетно-космического комплекса (РКК), заданных в ТТЗ в условиях, максимально приближенных к условиям эксплуатации и в реальных условиях функционирования;

- отработка эксплуатационной документации и проверка достаточности и эффективности НЭО составных частей и РН в целом, проведение такой отработки РН, которую было невозможно было осуществить в наземных условиях;

- определение возможности принятия РКК в эксплуатацию;

- разработка рекомендаций по усовершенствованию РН при дальнейшей модернизации.

Условием перехода к ЛИ является успешное завершение НЭО и выпуск итогового отчета о готовности к НИ. Этап летных испытаний является более дорогостоящим этапом отработки, поскольку стоимость испытаний РН включает еще затраты на изготовление РН в сборе, программно – методическое, инженерное и эксплуатационное

обеспечение пусков на специальном испытательном полигоне, включая отчуждение полей падения отделяемых частей РН, работу выносных измерительных пунктов по траектории полета и т.д.

При модернизации или доработке уже существующей РН основным вопросом является квалификация модернизируемой РН с тем, чтобы максимально учесть результаты экспериментальной отработки ракеты – аналога и свести к минимуму затраты на доработку (в том числе на экспериментальную отработку). Для планирования НЭО и ЛИ модернизированной РН в соответствии с установившейся практикой составные части РН целесообразно квалифицировать по четырем категориям: А, В, С, и D.

Смысл этих категорий, которые означают квалификационный статус сборочной единицы состоит в следующем:

А – существующие сборочные единицы, которые не требуют доработки и которые прошли квалификационные испытания для применения в условиях не менее жестких, чем те, которые требуются для данного проекта;

В – существующие сборочные единицы, которые не требуют доработки и которые прошли квалификационные испытания для применения в условиях менее жестких, чем те, которые требуются для данного проекта. Требуется проведение квалификационных испытаний для проверки работоспособности в новых условиях эксплуатации;

С – существующие сборочные единицы, которые требуют незначительных доработок. Требуется проведение квалификационных испытаний для проверки работоспособности после проведения доработок;

D – вновь разработанные или существующие сборочные единицы, которые требуют значительных доработок. Требуется проведение квалификационных испытаний.

Первым шагом по установлению квалификации модернизируемой РН является составление структурной схемы РН, то есть разбивка ее на крупные сборочные единицы и установление статуса каждой сборочной единицы. Для этого проводится подробный анализ конструкции и условий эксплуатации аналога с присвоением соответствующего статуса. Целесообразно также ввести количественную оценку статуса, что делается, как правило, экспертным путем с привлечением конструкторов и ведущих специалистов в данной области.

Таким образом, по результатам такого анализа получаем итоговую таблицу 1.

Таблица 1

Статус квалификации	Наименование сборочной единицы					
A	A1	A2	...	Ai	...	AN
B	B1	B2	...	Aj	...	BM
C	C1	C2	...	Ck	...	CQ
D	D1	D2	...	Dl	...	DR

Где A_i – наименование i -й сборочной единицы категории A; $i=1, N$;
 B_j – наименование j -й сборочной единицы категории B, $j=1, M$;
 C_k – наименование k -й сборочной единицы категории C; $k=1, Q$;
 D_l – наименование l -й сборочной единицы категории D; $l=1, R$;
 $i=1, N$ – общее количество сборочных единиц категории A;
 $j=1, M$ – общее количество сборочных единиц категории B;
 $k=1, Q$ – общее количество сборочных единиц категории C;
 $l=1, R$ – общее количество сборочных единиц категории D.

Если теперь обозначить $SA_i(SB_j, SC_k, SD_l)$ – стоимость изготовления и испытания сборочной единицы типа A (или B, C, D соответственно), а γ – степень модернизации, то есть количественное выражение доработки конструкции (изменения условий применения), причем $\gamma=0...1$, то есть

$\gamma=1$ – полностью новая сборочная единица,

$\gamma=0$ – полностью заимствованная сборочная единица, то количественное выражение для оценки затрат на модернизацию будет иметь вид:

$$S\Delta = \sum_{i=1}^N \gamma A_i * SA_i + \sum_{j=1}^M \gamma B_j * SB_j + \sum_{k=1}^Q \gamma C_k * SC_k + \sum_{l=1}^R \gamma D_l * SD_l \quad (1)$$

Рассмотрим применение такой методологии для расчета затрат на модернизацию дорабатываемой конструкции первой ступени РН типа «Зенит».

Используя выражение (1) получим расчетное значение

$$S\Delta = 16,2 \text{ усл. единиц} \quad (2)$$

Таким образом, численные значения (2) могут уже на предпроектной стадии использоваться для предварительного заключения о це-

лесообразности модернизации конструкции в данной конфигурации. Примером такой модернизации может служить основная конструкция первой ступени РН «Таурис-2», подготовка и проведение летных испытаний уже запланировано на 2012 год.

ЛИТЕРАТУРА

1. Проектирование и испытания баллистических ракет / под редакцией Варфоломеева А.И. и Копытова М.И. – Москва: Воениздат, 1970, 392 с.
2. Летные испытания ракет и космических аппаратов / Е. И. Кринецкий, Л.Н. Александровская, А.В. Шаронов, А.С. Голубков; Под ред. Е.И. Кринецкого. – Москва: Машиностроение, 1979, 464 с.
3. Эффективность научно-технических проектов и программ /Пилипенко О.В., Переверзев Е.С., Алпатов А.П., Марченко В.Т., Печеневская О.К., Хорольский П.П. – Днепропетровск: Пороги, 2008, 509 с.
4. РКК «Таурис-2». Комплексная программа экспериментальной отработки основной конструкции первой ступени РН и систем РКК. ГП КБЮ, 2009г., 93 л.

АНАЛИЗ СХОДИМОСТИ МЕТОДА ОПТИМИЗАЦИИ РОЗЕНБРОКА

Аннотация. В работе произведён анализ метода Розенброка, сравнительно методов оптимизации градиентного вида. Предложены две эффективных реализации метода (с учетом результатов полученных в [1]). На примере известных тестовых функций экспериментально получены оценки качества работы данного метода. Сделаны выводы о целесообразности использования метода в различных условиях.

Ключевые слова: метода Розенброка, градиентные методы, дифференцируемость функции.

ВВЕДЕНИЕ

Метод Розенброка [2] является методом многомерной локальной оптимизации, который объединяет в себе преимущества градиентного и покоординатного спуска [7]. Он был опубликован Розенброком в 70х годах. В работе произведён анализ метода, сравнительно методов оптимизации градиентного вида. Предложены две эффективных реализации метода (с учетом результатов полученных в [1]). На примере известных тестовых функций экспериментально получены оценки качества работы данного метода. Сделаны выводы о целесообразности использования метода в различных условиях.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Пусть целевая функция имеет вид:

$$F(\vec{x}) : R^n \rightarrow R, \quad (1)$$

а задача оптимизации задана следующим образом:

$$F(\vec{x}) \rightarrow \min_{\vec{x} \in R^n}. \quad (2)$$

Существует много методов решения задачи (2) [3-5, 7]. В данной работе выполнен анализ метода Розенброка, сравнительно градиентных методов [5], т. е. рассмотрен случай дифференцируемости функции (1).

АЛГОРИТМ РОЗЕНБРОКА

Функционирование алгоритма очень похоже на реализацию метода покоординатного спуска. На первой итерации производится по-

иск нулевого порядка (по сути покоординатный спуск) в направлении базисных векторов n -мерного пространства. Главное отличие от метода покоординатного спуска заключается в том, что время от времени (один раз на определенное количество итераций/неудачных итераций) система базисных векторов поворачивается так, что первый вектор направлен вдоль градиента. Далее процесс повторяется уже для новой системы базисных векторов. Создание новой (повернутой) базисной системы векторов, обычно, выполняется процедурой ортогонализации Грамма-Шмидта [8].

РЕАЛИЗАЦИИ АЛГОРИТМА

В данной работе рассмотрены две реализации метода: с делением шага и «делением и умножением» (подробнее в [1]). Алгоритм наискорейшего спуска реализован не был, так как в этом случае для каждой фиксированной базисной системы векторов, производится слишком много вызовов функции, и теряется преимущество, полученное за счет поворота базисной системы. Поворот базисной системы векторов производится один раз для трех неудачных проходов.

В обеих реализациях метода был использован одинаковый размер шага для взятия производной: `const cfloat h = 1E-6`. Также общей являются функции взятия градиента (градиент считается через центральные производные) и ортогонализация методом Грамма-Шмидта:

```

vect Grad(vect x){
    vect df;
    for(int i = 0; i < DIM; i++){
        x[i] += h;
        cfloat f1 = F(x);
        x[i] -= 2*h;
        cfloat f2 = F(x);
        x[i] += h;
        df[i] = (f1 - f2)/(2*h);
    }
    return df;
}

void Gram_Schmidt(vect v[]){
    for(int j = 0; j < DIM; ){
        for(int i = 0; i < j; i++)
            v[j] = v[j] - (v[j]*v[i])*v[i]; //
        ||v[j]|| = 1
        if( v[j].Norm() > EPS )
            v[j].Normalize();
        else
            swap(v[j], v[DIM]);
    }
}

```

Рассмотрим две конкретных реализации метода Розенброка на языке программирования C++.

Деление шага:

```

void RosenbrokDiv(vect &x){
    vect base[DIM+1];
    for(int i = 0; i < DIM; i++)
        base[i][i] = 1;
    long long itc0 = itc;
    cfloat cur_val = F(x), next_val;
    //we save current and next values
    //to use less function calls
    int it = 0;
    for(cfloat d = INF ; d > EPS ; it++){
        //start with a big step
        //finish when it's really small
        bool changed = false;
        for(int i = 0; i < DIM; i++){
            //for each base vector
            for(int s = -1 ; s <= 1 ; s+=2){
                //for both directions
                x = x + base[i] * d * s;
                //try to move
                next_val = F(x);
                if( next_val < cur_val ){
                    //if it's better
                    changed = true;
                    cur_val = next_val;
                    break; //don't try another direction
                } else
                    x = x - base[i] * d * s;
                    //move back
            }
        }
        if( !changed ){
            //if we're not able to move with current step
            //make it smaller
            if( it % 3 == 0 ){
                //if it happened few times already
                base[DIM] = Grad(x);
                base[DIM].Normalize();
                swap(base[0],base[DIM]);
                Gram_Schmidt(base);
                //turn the base vectors
            }
        }
    }
    cout<<"function F was executed "<<itc-itc0<<"
times"<<endl;
}

```

Деление и умножение шага:

```

void RosenbrokDivMul(vect &x){
    vect base[DIM+1];
    for(int i = 0; i < DIM; i++){
        base[i][i] = 1;
    }
    long long itc0 = itc;
    cfloat cur_val = F(x), next_val;
    //we save current and next values
    //to use less function calls
    int it = 0;
    for(cfloat d = INF ; d > EPS ; it++){
        //start with a big step
        //finish when it's really small
        bool changed = false;
        for(int i = 0; i < DIM; i++){
            //for each base vector
            for(int s = -1 ; s <= 1 ; s+=2){
                //for both directions
                x = x + base[i] * d * s;
                //try to move
                next_val = F(x);
                if( next_val < cur_val ){
                    //if it's better
                    changed = true;
                    cur_val = next_val;
                    break; //don't try another direction
                } else
                    x = x - base[i] * d * s;
                    //move back
            }
        }
        if( !changed ){
            //if we're not able to move with current step
            d /= 2;
            //make it smaller
            if( it % 3 == 0 ){
                //if it happened few times already
                base[DIM] = Grad(x);
                base[DIM].Normalize();
                swap(base[0],base[DIM]);
                Gram_Schmidt(base);
                //turn the base vectors
            }
        } else
            d *= 2;
            //make it bigger
        }
    }
    cout<<"function F was executed "<<itc-itc0<<"
times"<<endl;
}

```

В работе экспериментально исследованы «особенности поведения» реализованных методов на примере функций, описанных в [1].

Это так называемая «хорошая» функция, функция Розенброка и «плохая» функция. Все тесты полностью идентичны соответствующим тестам из [1]. Для сравнения приведены результаты некоторых реализаций (всех кроме наискорейшего спуска), исследованных в [1].

«ХОРОШАЯ» ФУНКЦИЯ

$F(x, y) = x^2 + y^2 + 3x - 4y + 2$ — гладкая, выпуклая функция. Глобальный минимум существует, единственный и достигается в точке $x^* = -1.5, y^* = 2$ (рис. 1).

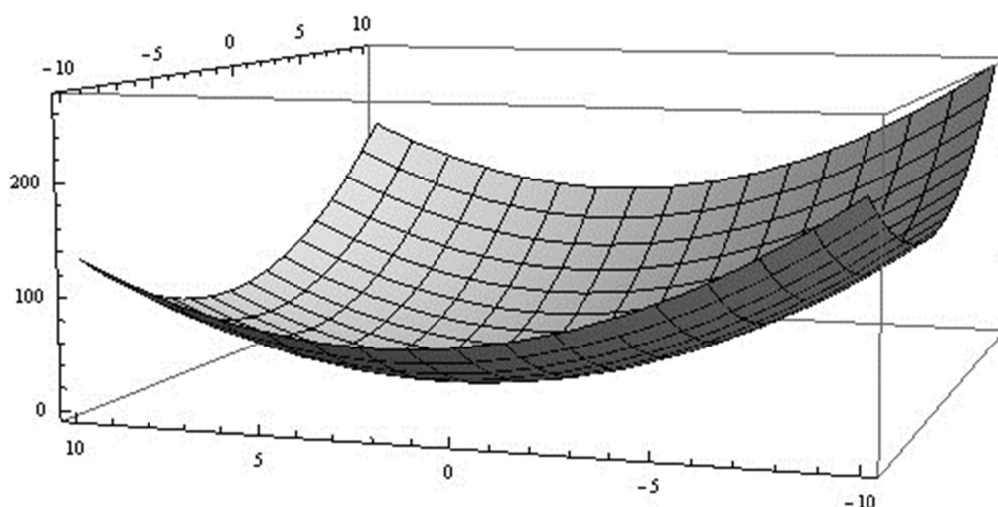


Рисунок 1 – Глобальный минимум «хорошей функции»

Тест 1: хорошая функция.

Начальное приближение $x_0 = 123, y_0 = -321$, бесконечность: $INF = 1E9$, точность: $EPS = 1E-9$.

Таблица 1

Результаты поиска для хорошей функции

Algorithm	$ x - x^* $	$ x - x^* / x^* $	$ F(x) - F(x^*) $	$ F(x) - F(x^*) / F(x^*) $	F() calls#
CoordinateDiv	3.8e-10	1.5e-10	0.0e+0	0.0e+0	334
CoordinateDivMul	3.8e-10	1.5e-10	0.0e+0	0.0e+0	450
CoordinateSteepest	3.8e-10	1.5e-10	0.0e+0	0.0e+0	702
GradientDiv	1.8e-8	7.4e-9	3.5e-16	8.2e-17	985
GradientDivNorm	1.6e-9	6.5e-10	2.6e-18	6.1e-19	391
GradientDivMulNorm	1.6e-9	6.5e-10	2.6e-18	6.1e-19	481
GradientSteepest	1.0e-10	4.0e-11	0.0e+0	0.0e+0	356
RosenbrokDiv	1.6e-9	6.5e-10	2.6e-18	6.1e-19	381
RosenbrokDivMul	1.6e-9	6.5e-10	2.6e-18	6.1e-19	454

В первом столбце таблицы 1 название алгоритма, во втором/третьем – абсолютная/относительная погрешность нахождения x^* , в четвертом/пятом столбцах – абсолютная/относительная погрешность нахождения $F(x^*)$, в последнем столбце – количество вызовов целевой функции. Как видно из таблицы 1, метод Розенброка дал такие же результаты, как и методы, исследованные в [1].

ФУНКЦИЯ РОЗЕНБРОКА

$F(x, y) = (1 - x)^2 + 100(y - x^2)^2$ — гладкая, невыпуклая функция. Глобальный минимум существует, единственный и достигается в точке $x^* = 1, y^* = 1$ (рис. 2).

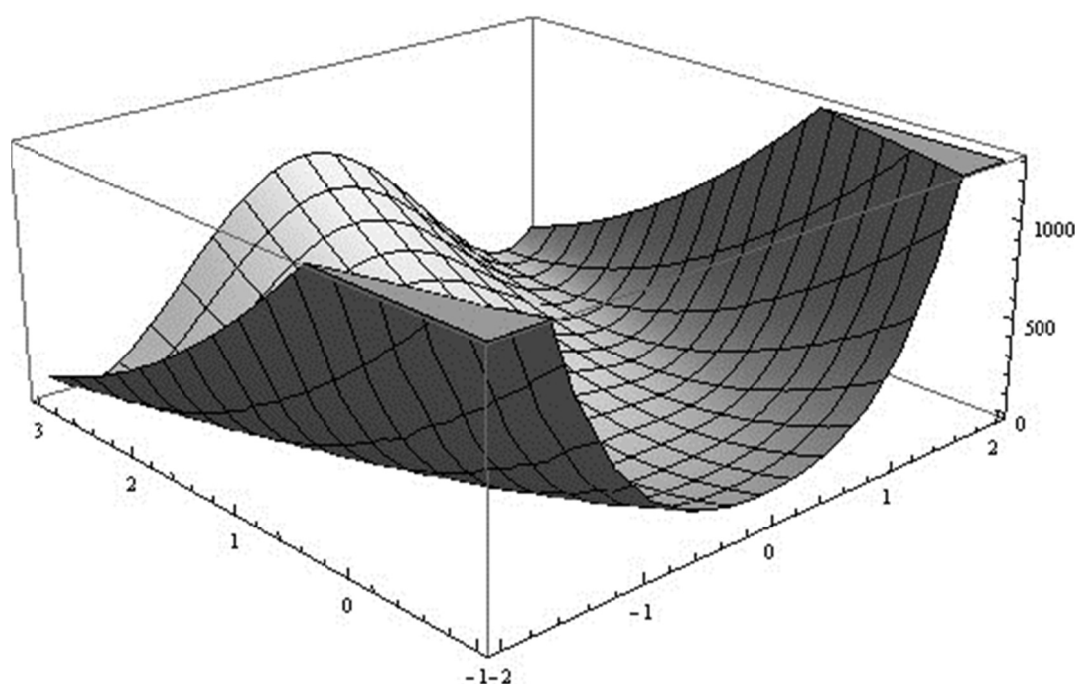


Рисунок 2 – Функция Розенброка

Таблица 2

Результаты поиска для функции Розенброка

Algorithm	$ x - x^* $	$ x - x^* / x^* $	$ F(x) - F(x^*) $	$ F(x) - F(x^*) / F(x^*) $	F() calls#
CoordinateDiv	9.7e-7	6.9e-7	1.9e-13	n/a	1,592,528,468
CoordinateDivMul	9.7e-7	6.8e-7	1.8e-13	n/a	163,948,785
CoordinateSteepest	7.6e-7	5.4e-7	1.1e-13	n/a	1,318,302
GradientDiv	1.1e-2	7.9e-3	2.5e-5	n/a	232,200,030
GradientDivNorm	2.4e-7	1.7e-7	1.1e-14	n/a	84,481
GradientDivMulNorm	5.2e-8	3.6e-8	5.4e-16	n/a	182,591
RosenbrokDiv	1.2e-7	8.9e-8	3.4e-15	n/a	49,728,621
RosenbrokDivMul	2.9e-7	2.0e-7	1.7e-14	n/a	95,423

Тест 1: функция Розенброка.

Начальное приближение $x_0 = 123, y_0 = -321$, бесконечность — INF = 1E9, точность — EPS = 1E-9.

Как видно, метод Розенброка с делением и умножением шага привел к намного лучшему результату, чем реализация с делением шага. Метод с делением и умножением, обогнал все методы кроме градиентного с делением шага и нормировкой градиента.

Тест 2: функция Розенброка.

Начальное приближение $x_0 = 123, y_0 = -321$, бесконечность — INF = 1E9, точность — EPS = 1E-12.

Таблица 3

Результаты поиска экстремума для функции Розенброка

Algorithm	$x-x^*$	$ x-x^* / x^* $	$ F(x)-F(x^*) $	$ F(x)-F(x^*) / F(x^*) $	F() calls#
CoordinateDiv	4.5e-10	3.2e-10	4.1e-20	n/a	1,592,539,501
CoordinateDivMul	4.5e-10	3.2e-10	4.1e-20	n/a	163,968,322
CoordinateSteepest	1.1e-9	8.0e-10	2.5e-19	n/a	2,323,658
GradientDiv	1.1e-5	7.9e-6	2.5e-11	n/a	621,017,650
GradientDivNorm	1.5e-9	1.0e-9	4.6e-19	n/a	118,041
GradientDivMulNorm	1.4e-9	1.0e-9	4.1e-19	n/a	228,111
RosenbrokDiv	7.1e-11	5.0e-11	1.0e-21	n/a	49,731,039
RosenbrokDivMul	1.0e-10	7.5e-11	2.2e-21	n/a	99,695

Для методов Розенброка количество итераций изменилось намного меньше, чем у градиентных. В то же время увеличение точности оказалось у них самым большим (табл. 3). Можно понять, что большую часть «времени», они тратят далеко от точки минимума (аналогично координатным методам с дробным шагом, как было показано в [1]). На данном тесте метод Розенброка с делением и умножением шага обогнал все остальные методы (хотя преимущество по сравнению с градиентным методом с делением шага и невелик).

Таблица 4

Результаты поиска экстремума для функции Розенброка

Algorithm	$x-x^*$	$ x-x^* / x^* $	$ F(x)-F(x^*) $	$ F(x)-F(x^*) / F(x^*) $	F() calls#
CoordinateDiv	8.9e-10	6.3e-10	1.6e-19	n/a	1,867,763
CoordinateDivMul	8.9e-10	6.3e-10	1.6e-19	n/a	884,977
CoordinateSteepest	1.0e-9	7.4e-10	2.2e-19	n/a	2,324,240
GradientDiv	8.8e-8	6.2e-8	1.5e-15	n/a	6,987,095
GradientDivNorm	1.5e-9	1.0e-9	4.6e-19	n/a	120,186
GradientDivMulNorm	1.3e-9	9.8e-10	3.8e-19	n/a	230,841
RosenbrokDiv	8.4e-10	5.9e-10	1.4e-19	n/a	44,898
RosenbrokDivMul	5.1e-10	3.6e-10	5.3e-20	n/a	27,077

Тест 3: функция Розенброка.

Начальное приближение $x_0 = 12, y_0 = -32$, бесконечность — INF = 1E9, точность — EPS = 1E-12.

Если взяв начальную точку ближе к точке минимума, то методы Розенброка дают лучшие результаты по сравнению со всеми остальными методами с существенным перевесом (табл. 4). Теперь выберем точку еще ближе к точке минимума.

Тест 4: функция Розенброка.

Начальное приближение $x_0 = 3, y_0 = -3$, бесконечность — INF = 1E9, точность — EPS = 1E-12.

Таблица 5

Результаты поиска экстремума для функции Розенброка

Algorithm	$ x-x^* $	$ x-x^* / x^* $	$ F(x)-F(x^*) $	$ F(x)-F(x^*) / F(x^*) $	F() calls#
CoordinateDiv	1.0e-9	7.2e-10	2.1e-19	n/a	59,634
CoordinateDivMul	1.0e-9	7.2e-10	2.0e-19	n/a	94,006
CoordinateSteepest	1.1e-9	7.9e-10	2.5e-19	n/a	2,323,968
GradientDiv	1.1e-8	8.1e-9	2.6e-17	n/a	987,780
GradientDivNorm	1.5e-9	1.0e-9	4.6e-19	n/a	117,206
GradientDivMulNorm	1.3e-9	9.8e-10	3.8e-19	n/a	225,601
RosenbrokDiv	6.5e-10	4.6e-10	8.4e-20	n/a	38,792
RosenbrokDivMul	4.6e-10	3.2e-10	4.3e-20	n/a	5,434

Как видно (табл. 5), время работы методов Розенброка снова значительно уменьшилось.

На тех тестах, на которых координатные методы сильно проигрывали, методы Розенброка справлялись на уровне с градиентными методами. На тех тестах, где координатные методы выигрывали у градиентных, методы Розенброка выиграли у градиентных методов еще больше. На всех тестах метод с делением и умножением шага работал лучше.

«ПЛОХАЯ» ФУНКЦИЯ

$$F(x, y) = x^2 + 1000 \frac{y^2}{x^2 + 0.01} \quad \text{— гладкая, не выпуклая функция}$$

Глобальный минимум существует, единственный и достигается в точке $x^* = 0, y^* = 0$ (рис. 3).

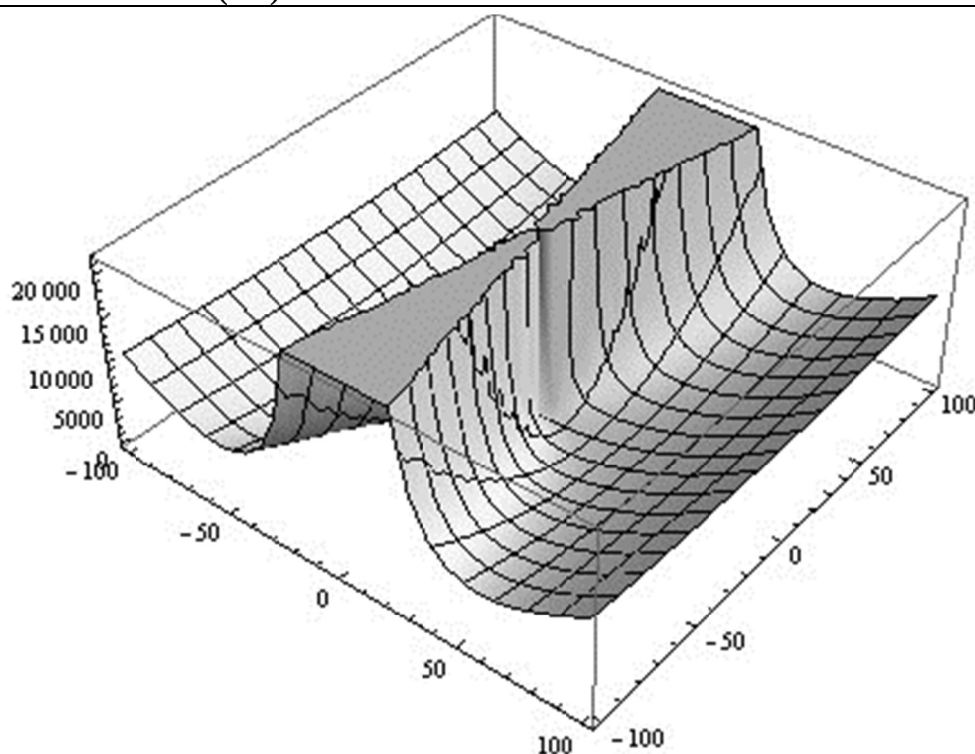


Рисунок 3 – Вид «плохой» функции

Тест 1: «плохая» функция.

Начальное приближение $x_0 = 123, y_0 = -321$, бесконечность — $INF = 1E9$, точность — $EPS = 1E-9$.

Таблица 6

Результаты поиска для «плохой» функции

Algorithm	$ x-x^* $	$ x-x^* / x^* $	$ F(x)-F(x^*) $	$ F(x)-F(x^*) / F(x^*) $	F() calls#
CoordinateDiv	8.8e-10	n/a	4.7e-14	n/a	891
CoordinateDivMul	8.8e-10	n/a	4.7e-14	n/a	700
CoordinateSteepest	4.0e-10	n/a	6.6e-15	n/a	940
GradientDiv	7.0e-5	n/a	4.9e-9	n/a	2,589,625
GradientDivNorm	3.4e-6	n/a	1.2e-11	n/a	4,492,921
GradientDivMulNorm	1.8e-8	n/a	3.5e-16	n/a	9,867,881
RosenbrokDiv	5.9e-5	n/a	3.5e-9	n/a	735,927
RosenbrokDivMul	1.2e-6	n/a	1.6e-12	n/a	9,560

Как видно из таблицы 6, координатные методы справились с задачей лучше других, градиентные хуже других. Методы Розенброка оказались посередине. Это в очередной раз доказывает то, что они сочетают в себе свойства обоих методов. Необходимо заметить, что метод Розенброка с делением и умножением шага на порядок медленнее координатных методов, и на три порядка быстрее, чем градиентные.

ВЫВОДЫ

Рассмотрены две реализации метода Розенброка. Сходимость этих методов протестирована на трех функциях: «хорошей» (выпуклой), функции Розенброка с разными начальными приближениями, и «плохой» функции. Результаты тестирования сравнены с результатами, полученными в [1]. В целом можно сделать следующие выводы: (1) для «хороших» функций все методы работают достаточно хорошо; (2) реализация метода Розенброка с делением и умножением шага в среднем работает значительно лучше; (3) на всех предложенных функциях, метод Розенброка с делением и умножением шага работал достаточно быстро; (4) метод Розенброка является, в некотором смысле, рациональным компромиссом между координатным и градиентным методами; (5) метод Розенброка является эффективным и в отличие от координатного и градиентного методов достаточно универсальным.

ЛИТЕРАТУРА

1. Касицкий А. Сравнение градиентных методов / Сборник «Системные науки и кибернетика». Киев, НТУУ «КПИ», 2010. – С. 75 – 84.
2. Rosenbrock H. H. An automatic Method for findong the greatest or least Value of a Function // Computer Journal, 1960, No. 3, pp. 175-184.
3. Химмельблау Д. Прикладное нелинейное программирование. М.: Мир, 1974. – 536 с.
4. Полак Э. Численные методы оптимизации. Единый подход. М.: Мир, 1974. -376 с.
5. Метод градиентного спуска.
http://en.wikipedia.org/wiki/Gradient_descent
6. Функция Розенброка.
http://en.wikipedia.org/wiki/Rosenbrock_function
7. Метод покоординатного спуска. –
<http://www.machinelearning.ru/wiki/index.php?title=%D0%9C%>.
8. Gram-Schmidt Orthonormalization. –
<http://mathworld.wolfram.com/Gram-SchmidtOrthonormalization.html>.

В.М. Коцовський, Ф.Е. Гече, О.В. Міца, А.Є. Батюк

ПРО ПОВЕДІНКУ АЛГОРИТМУ НАВЧАННЯ ПЕРЦЕПТРОНА У НЕСЕПАРАБЕЛЬНОМУ ВИПАДКУ

Анотація. У роботі доводиться узагальнення теореми про зациклювання перцептрона для навчання поліноміальних нейронних елементів. Отриманий результат може бути використаний для побудови алгоритмів навчання несепабельних множин.

Ключові слова: перцептрон, алгоритм навчання, теорема про зациклювання.

Вступ

Поліноміальний нейронний елемент (ПНЕ) був уведений у розгляд у 60-их роках ХХ століття. На ідейному рівні ПНЕ із n входами відрізняється від НЕ тим, що у ньому замість звичайної лінійної зваженої суми входів $\sum_{i=1}^n w_i x_i$ використовується поліноміальна зважена сума вигляду

$$\sum_{k=1}^m w_k x_1^{j_{k1}} \dots x_n^{j_{kn}}, \quad j_{ki} \in \mathbb{N}, \quad i = 1, \dots, n. \quad (1)$$

Дослідження властивостей ПНЕ було зумовлено прагненням отримати клас порогових функцій більшої потужності ніж клас звичайних порогових функцій. У більш загальному випадку вивчалася можливість відокремлювати множини точок у $\mathbb{R}^n$ за допомогою поліноміальних гіперповерхонь, можливості яких по здійсненню дихотомій є більш універсальними, ніж відповідні можливості гіперплощин, які використовувалися у класичних перцептронах. Теоретичним підґрунтям доцільності використання ПНЕ є відома теорема Ковера [1], у якій стверджується, що з переходом до простору більшої розмірності ймовірність лінійної сепарабельності множин може тільки збільшуватися. Класичний алгоритм навчання перцептрона з незначними змінами може бути використаний для навчання ПНЕ. Відомо [1], що із зростанням розмірності частка порогових (поліноміально порогових) дихотомій швидко зменшується. Цей факт зумовлює інтерес до вивчення поведінки алгоритму навчання перцептрона у несепабельному випадку. У роботі буде показано, що за певних припущень

вагові вектори, які отримуються згідно алгоритму навчання, є обмеженими. Цей результат є узагальненням відомої теореми Ефрона про «зациклювання» перцептрона і може бути використаний для обґрунтування rocket-алгоритмів навчання ПНЕ.

Ітераційний пакетний алгоритм навчання поліноміальних нейронних елементів.

Розглянемо алгоритм навчання ПНЕ, який багато в чому схожий до алгоритму навчання перцептрона, запропонованому в [2]. Будемо розглядати множину одночленів $\Pi = \{P_1(\mathbf{x}), \dots, P_m(\mathbf{x})\}$, елементи якої є мономами вигляду

$$P_i(\mathbf{x}) = x_1^{i_1} \cdot \dots \cdot x_n^{i_n}, \quad \mathbf{x} = (x_1, \dots, x_n) \in \mathbb{R}^n, \quad i_j \geq 0, \quad j = 1, \dots, n, \quad i = 1, \dots, m.$$

Ваговий вектор $\mathbf{w}$ назвемо Π -допустимим вектором, якщо $(\mathbf{w}, P(\mathbf{a})) \neq 0$, де $(\mathbf{w}, P(\mathbf{a}))$ — скалярний добуток векторів $\mathbf{w}$ та $P(\mathbf{a})$, а $P(\mathbf{a}) = (P_1(\mathbf{a}), \dots, P_m(\mathbf{a}))$.

Нехай підмножини A^+ , A^- — множини n -вимірних векторів простору $\mathbb{R}^n$, які задовольняють умову $A^+ \cap A^- = \emptyset$. Якщо знайдеться такий Π -допустимий ваговий вектор $\mathbf{w} \in \mathbb{R}^m$, що для всіх $\mathbf{a} \in A^+$ виконується умова $(\mathbf{w}, P(\mathbf{a})) > 0$, а для всіх $\mathbf{a} \in A^-$ $(\mathbf{w}, P(\mathbf{a})) < 0$, то множини A^+ і A^- назвемо Π -сепарабельними і будемо казати, що ПНЕ з ваговим вектором $\mathbf{w}$ відокремлює ці множини відносно системи поліномів Π . Якщо крім того знайдеться таке $\delta > 0$, що для всіх $\mathbf{a} \in A^+ \cup A^-$ виконується умова $|(w, P(a))| > \delta$, то множини A^+ і A^- назвемо сильно Π -сепарабельними, а величину δ — допуском. Слід зауважити, що сильна сепарабельність є бажаною при програмній чи технічній реалізації ПНЕ, оскільки вона дозволяє уникнути небажаного впливу похибок заокруглень або завад. Легко переконатися, що довільні Π -сепарабельні скінченні множини задовольняють умову сильної Π -сепарабельності. Обернене твердження не завжди є вірним.

Нехай множини A^+ і A^- є сильно Π -сепарабельними і нехай $A = A^+ \cup A^-$. Опишемо алгоритм навчання ПНЕ, який дозволяє отримати ваговий вектор ПНЕ, який сильно відокремлює множини A^+ і A^- із заданим допуском $\varepsilon > 0$. Під навчаючою послідовністю будемо

розуміти нескінченну послідовність векторів $\{\mathbf{a}^k\}$, яка задовольняє наступні дві умови:

$$\mathbf{a}^k \in A;$$

для всіх $r \in \mathbb{N}$ множина $\{\mathbf{a}^r, \mathbf{a}^{r+1}, \mathbf{a}^{r+2}, \dots\}$ всюди щільна у множині A .

Для скінченної множини умова 2 рівносильна тому, що кожний елемент множини A повторюється у навчаючій послідовності безліч разів.

Нехай функція Rsign_b ($b > 0$) обчислюється за наступним правилом:

$$\text{Rsign}_b x = \begin{cases} \text{Rsign } x, & |x| > b, \\ 0, & |x| \leq b. \end{cases}$$

Виходячи з довільного (не обов'язкового Π -допустимого) початкового наближення $\mathbf{w}^0$ будемо будувати послідовність вагових за наступним алгоритмом:

ПЕРЦЕПТРОН($\{\mathbf{a}^k\}, \{\beta^k\}, l, \varepsilon$)

ПОЧАТОК: $k \leftarrow 0$. Вибрати в якості початкового наближення заданий вектор $\mathbf{w}^0$.

ПЕРЕВІРКА: $k \leftarrow k + 1, j \leftarrow 0, \Delta \mathbf{w}^k = \mathbf{0}$.

КОЕФІЦІЄНТ: $j \leftarrow j + 1, \gamma_{kj} \leftarrow 0$.

якщо $\text{Rsign}_{2\varepsilon}(\mathbf{w}^{k-1}, P(\mathbf{a}^{(k-1)l+j})) < 1$ і $\mathbf{a}^{(k-1)l+j} \in A^+$, то

$\gamma_{kj} \leftarrow 1$ і перейти до ПРИРІСТ.

якщо $\text{Rsign}_{2\varepsilon}(\mathbf{w}^{k-1}, P(\mathbf{a}^{(k-1)l+j})) > -1$ і $\mathbf{a}^{(k-1)l+j} \in A^-$, то

$\gamma_{kj} \leftarrow -1$.

ПРИРІСТ: $\Delta \mathbf{w}^k \leftarrow \Delta \mathbf{w}^k + \gamma_{kj} P(\mathbf{a}^{(k-1)l+j})$.

Якщо $j < l$, то перейти до КОЕФІЦІЄНТ.

Якщо $\Delta \mathbf{w}^k \neq \mathbf{0}$, то перейти до КОРЕКЦІЯ, інакше перейти до ПЕРЕВІРКА

КОРЕКЦІЯ: $\mathbf{w}^k \leftarrow \mathbf{w}^{k-1} + \beta_k \Delta \mathbf{w}^k$.

Перейти до ПЕРЕВІРКА.

Рисунок 1 – Пакетний алгоритм навчання ПНЕ з допуском та змінними коефіцієнтами.

Як видно з рис. 1, у алгоритмі ПЕРЦЕПТРОН вагові вектори обчислюються за формулою:

$$\mathbf{w}^k = \mathbf{w}^{k-1} + \beta_k \Delta \mathbf{w}^k, \quad k = 1, 2, \dots, \quad (2)$$

де додатний коефіцієнт β_k відповідає за швидкість навчання, а вектор корекції $\Delta \mathbf{w}^k$ обчислюється так:

$$\Delta \mathbf{w}^k = \gamma_{k1} P(\mathbf{a}^{(k-1)l+1}) + \dots + \gamma_{kl} P(\mathbf{a}^{kl}).$$

З правила вибору коефіцієнтів γ_{kj} випливає, що у випадку $\mathbf{a}^{(k-1)l+j} \in A^+$ і $\text{Rsign}_{2\varepsilon}(\mathbf{w}^{k-1}, P(\mathbf{a}^{(k-1)l+j})) = 1$ або $\mathbf{a}^{(k-1)l+j} \in A^-$ і $\text{Rsign}_{2\varepsilon}(\mathbf{w}^{k-1}, P(\mathbf{a}^{(k-1)l+j})) = -1$. корекція по вектору $\mathbf{a}^{(k-1)l+j}$ відсутня, оскільки ваговий вектор $\mathbf{w}^{k-1}$ правильно класифікує вхідний вектор $\mathbf{a}^{(k-1)l+j}$. У інших випадках відбувається корекція і для вектора $\mathbf{w}^k$ скалярний добуток $(\mathbf{w}^k, \Delta \mathbf{w}^k)$ або вже має потрібне для класифікації значення, або принаймні ближче до потрібного значення, ніж скалярний добуток $(\mathbf{w}^{k-1}, \Delta \mathbf{w}^k)$. Алгоритм навчання ПНЕ ПЕРЦЕПТРОН $(\{\mathbf{a}^k\}, \{\beta^k\}, l, \varepsilon)$, ітерація якого описується співвідношенням (2) належить до пакетних алгоритмів навчання, оскільки при кожній ітерації (по k) у алгоритмі аналізується реакція ПНЕ на l векторів $\mathbf{a}^{(k-1)l+1}, \dots, \mathbf{a}^{kl}$. Індекс k природно називати номером кроку алгоритму. Параметр алгоритму l будемо назвати довжиною навчального пакета даних. У випадку $l = 1$ ми отримаємо он-лайн версію алгоритму. Якщо при цьому $\varepsilon = 0$, $\Pi = \{1, x_1, \dots, x_n\}$, $\beta_k = 1$, $k = 1, 2, \dots$ то (2) перетворюється на звичайний алгоритм навчання перцептрона. Наступна теорема є узагальненням добре відомої теореми про збіжність навчання перцептрона [2] і доводиться схожим чином (див. [3]).

Теорема 1. Якими б не були початкове наближення $\mathbf{w}^0$, довжина пакета l і навчаюча послідовність $\{\mathbf{a}^k\}$, через скінчену кількість кроків алгоритму ПЕРЦЕПТРОН $(\{\mathbf{a}^k\}, \{\beta^k\}, l, \varepsilon)$ ми отримаємо ваговий вектор $\mathbf{w}^k$, який з допуском ε відокремлює обмежені, сильно П-

сепарабельні множини A^+ і A^- за умови, що для коефіцієнтів β_k справджується рівність

$$\lim_{k \rightarrow \infty} \frac{\sum_{j=1}^k \beta_j^2}{\left(\sum_{j=1}^k |\beta_j| \right)^2} = 0$$

Зауваження. Для класичного ПЕ допуск і різні способи вибору коефіцієнтів швидкості навчання β_k вивчалися у [4]. Можливі різноманітні варіанти побудови навчаючої послідовності $\{\mathbf{a}^k\}$. Якщо $l = \text{Card } A$ і $\beta_k = 1/l$, то теорема забезпечує скінченність алгоритму навчання, для якого на кожному кроці проводиться лише одна усереднююча корекція по всім елементам скінченної множини $A = A^+ \cup A^-$. Слід зазначити, що якщо початкове наближення є цілочисловим вектором і коефіцієнти β_k — цілі, то й усі вектори $\mathbf{w}^k$, які отримуються згідно (2) також є цілочисловими, що є важливим для більшості застосувань.

Обмеженість вагових векторів у випадку навчання несепарабельних множин.

Цікавим є питання поведінки величини $\|\mathbf{w}^k\|$ для несепарабельного випадку. У випадку он-лайн алгоритму навчання звичайних НЕ ($l = 1$, $\beta_j = \text{const}$) по розпізнаванню скінченних множин спочатку експериментально, а потім і строго теоретично [5] було встановлено, що норма $\|\mathbf{w}^k\|$ є обмеженою. Це факт відомий у літературі під назвою «теорема про зациклювання перцептрона». Ми покажемо, що теорему про зациклювання можна узагальнити на випадок пакетного алгоритму навчання ПНЕ з допуском за умови, що вагові вектори $\{\mathbf{w}^k\}$ отримуються за формулою (2), а невід’ємні коефіцієнти β_k обмежені зверху. На Рис. 2 наведені факти, які наштовхують на ідею обмеженості вагових векторів у випадку $m = 2$, $l = 1$.

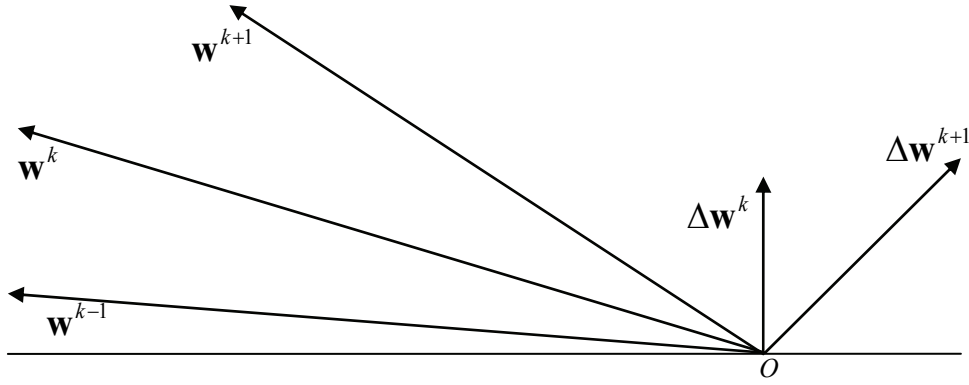


Рисунок 2

Якщо довжина вектора $\mathbf{w}^{k-1}$ набагато більша за довжину вектора $\beta_k \Delta \mathbf{w}^k$, $\mathbf{a}^k \in A^+$, то $\|\mathbf{w}^k\| > \|\mathbf{w}^{k-1}\|$ лише у тому випадку, коли кут між $\mathbf{w}^{k-1}$ і $\Delta \mathbf{w}^k$ «близький» до прямого кута. Причому при виконанні умови $\|\mathbf{w}^{k-1}\| \gg \beta_k \|\Delta \mathbf{w}^k\|$ значення різниці $\|\mathbf{w}^k\| - \|\mathbf{w}^{k-1}\|$ близьке до нуля і кут між векторами $\mathbf{w}^k$ і $\mathbf{w}^{k-1}$ також мало відрізняється від нуля. Тоді за умов корекції у алгоритмі навчання ПНЕ кут між векторами $\mathbf{w}^k$ і $\Delta \mathbf{w}^k$ не менший за деякий фіксований тупий кут (вважаємо, що $\mathbf{a}^{k+1} \in A^+$). Тоді за умови обмеженості відношень довжин сусідніх приростів $\beta_k P(\mathbf{a}^k)$ і $\beta_{k+1} P(\mathbf{a}^{k+1})$ у алгоритмі навчання ПНЕ $\|\mathbf{w}^{k+1}\| < \|\mathbf{w}^{k-1}\|$ (для простоти міркувань на Рис. 2 зображено випадок $\beta_k = \beta_{k+1} = 1$). Однак у випадку $\beta_k \gg \beta_{k+1}$ може виявитися, що $\|\mathbf{w}^{k+1}\| > \|\mathbf{w}^{k-1}\|$. Далі ми покажемо, що і в цьому випадку згідно алгоритму (2) ми отримуємо таку послідовність векторів $\mathbf{w}^k, \mathbf{w}^{k+1}, \dots, \mathbf{w}^{k+r}$, $r \geq 1$, що $\|\mathbf{w}^k\| > \|\mathbf{w}^{k+1}\| > \dots > \|\mathbf{w}^{k+r}\|$ і $\|\mathbf{w}^{k+r}\| \leq \|\mathbf{w}^{k-1}\|$. Для строгого доведення попереднього твердження нам знадобиться ряд допоміжних означень і лем.

Нехай B — скінченна множина у $\mathbb{R}^m$. Назвемо (B, β, ε) -ланцюгом послідовність векторів $\mathbf{w}^0, \mathbf{w}^1, \dots, \mathbf{w}^k$, яка задовольняє умови:

$$(\mathbf{w}^{j-1}, \mathbf{b}^j) \leq 2\varepsilon, \quad \mathbf{w}^j = \mathbf{w}^{j-1} + \beta_j \mathbf{b}^j, \quad \mathbf{b}^j \in B, \quad j = 1, \dots, k.$$

(B, β, ε) -ланцюг називається правильним, якщо для всіх j

$$\|\mathbf{w}^j\| \geq \|\mathbf{w}^0\|.$$

Лема 1. Нехай L — підпростір евклідового простору R^m , у якому лежить скінченна множина B . Проекція $\tilde{w}^0, \tilde{w}^1, \dots, \tilde{w}^k$ правильного (B, β, ε) -ланцюга $w^0, w^1, \dots, w^k$ на L також є правильним (B, β, ε) -ланцюгом. Крім того $\|w^k\| - \|w^0\| \leq \|\tilde{w}^k\| - \|\tilde{w}^0\|$.

Доведення аналогічне до доведення лема 4 [5, с. 184].

Лема 2. Для довільних векторів a, b ($a \neq 0$) дійсного евклідового простору мають місце нерівності

$$\frac{(a, b)}{\|a\|} \leq \|a + b\| - \|a\| \leq \frac{(a, b) + \|b\|^2}{\|a\|}.$$

Доведення. Доведення лівої частини нерівності:

$$(a, b) = (a, a + b) - \|a\|^2 \leq \|a\| \|a + b\| - \|a\|^2 = \|a\| (\|a + b\| - \|a\|).$$

Доведемо праву частину нерівності. Маємо

$$\|a + b\| - \|a\| = \frac{\|a + b\|^2 - \|a\|^2}{\|a + b\| + \|a\|} = \frac{(a, b)}{\|a\|} + \frac{\|b\|^2}{\|a + b\| + \|a\|} + \frac{(\|a\| - \|a + b\|)(a, b)}{(\|a + b\| + \|a\|)\|a\|}.$$

Якщо $(a, b) \geq 0$, то $\|a + b\| \geq \|a\|$. Тоді

$$\|a + b\| - \|a\| \leq \frac{(a, b)}{\|a\|} + \frac{\|b\|^2}{2\|a\|} \leq \frac{(a, b) + \|b\|^2}{\|a\|}.$$

Нехай тепер $(a, b) < 0$. Якщо $\|a + b\| \leq \|a\|$, то

$$\|a + b\| - \|a\| \leq \frac{(a, b)}{\|a\|} + \frac{\|b\|}{\|a + b\| + \|a\|} \leq \frac{(a, b) + \|b\|^2}{\|a\|}.$$

Якщо $\|a + b\| > \|a\|$, то

$$\begin{aligned} \|a + b\| - \|a\| &= \frac{(a, b)}{\|a\|} + \frac{\|b\|^2}{\|a + b\| + \|a\|} + \frac{(\|a\| - \|a + b\|)(a, b)}{(\|a + b\| + \|a\|)\|a\|} \leq \\ &\leq \frac{(a, b)}{\|a\|} + \frac{\|b\|^2}{2\|a\|} + \frac{\|b\|(a, b)}{2\|a\|^2} \leq \frac{(a, b) + \|b\|^2}{\|a\|} \end{aligned}$$

Лема доведена.

Наслідок. Якщо $(a, b) = 0$, то $\|a + b\| - \|a\| \leq \|a\|^{-1} \|b\|^2$.

Лема 3. Якщо у дійсному евклідовому просторі кут φ між вектором $\mathbf{b}$ і одиничним вектором $\mathbf{e}$ є тупим, то для довільного $\delta \leq -\frac{1}{2}\|\mathbf{b}\|\cos\varphi$ і довільного $\lambda \geq \frac{\|\mathbf{b}\|}{2|\cos\varphi|}$ виконується нерівність $\|\mathbf{b} + \lambda\mathbf{e}\| \leq \lambda - \delta$.

Доведення. Скористаємося попередньою лемою, поклавши $\mathbf{a} = \lambda\mathbf{e}$. Тоді

$$\|\mathbf{b} + \lambda\mathbf{e}\| - \lambda \leq \|\mathbf{b}\|\cos\varphi - \frac{1}{2}\|\mathbf{b}\|\cos\varphi \leq -\delta.$$

Лема 4. Для довільного $\mathbf{w}^0 \in \mathbb{R}^m$ і довільної послідовності $\{\beta^k\}$, елементи якої задовольняють умову

$$0 < \beta_{\min} \leq \beta_k, \quad k = 1, 2, \dots, \quad (3)$$

$$0 < \beta_k \leq \beta_{\max} < \infty, \quad k = 1, 2, \dots, \quad (4)$$

знайдеться таке число $N = N(m, B, \beta_{\min}, \beta_{\max}, \varepsilon)$, що якщо $\mathbf{w}^0, \mathbf{w}^1, \dots, \mathbf{w}^s$ — правильний (B, β, ε) -ланцюг, то $\|\beta_1\mathbf{b}^1 + \dots + \beta_s\mathbf{b}^s\| \leq N(m, B, \beta_{\min}, \beta_{\max}, \varepsilon)$.

Доведення. Скористаємося індукцією по m — розмірності евклідового простору, у якому міститься множина B . Нехай $d_1 = \min_{\mathbf{b} \in B} \|\mathbf{b}\|$, $d_2 = \max_{\mathbf{b} \in B} \|\mathbf{b}\|$.

При $m = 1$ з того, що $\Delta\mathbf{w}^k \neq \mathbf{0}$ випливає, що $\mathbf{w}^{k-1} \cdot \mathbf{b}^k \leq 2\varepsilon$, а отже $\|\mathbf{w}^{k-1}\| > \max\{2\varepsilon / d_1, \beta_{\max}d_2\} \Rightarrow \|\mathbf{w}^k\| < \|\mathbf{w}^{k-1}\|$. Тому для довільного правильного (B, β, ε) -ланцюга $\|\beta_1\mathbf{b}^1 + \dots + \beta_s\mathbf{b}^s\| \leq \max\{2\varepsilon / d_1, \beta_{\max}d_2\} + 2\beta_{\max}d_2$.

Припустимо, що теорема справджується для простору $\mathbb{R}^m$ і доведемо її у випадку $\dim B = m + 1$ методом від супротивного.

Припустимо, що для кожного додатного L знайдеться правильний (B, β, ε) -ланцюг $\mathbf{w}^0, \mathbf{w}^1, \dots, \mathbf{w}^s$, такий, що $\|\beta_1\mathbf{b}^1 + \dots + \beta_s\mathbf{b}^s\| > L$. Неважко, показати, що тоді для довільного натурального N величина $\|\beta_1\mathbf{b}^1 + \dots + \beta_s\mathbf{b}^s\|$ є необмеженою зверху для класу (B, β, ε) -ланцюгів, які задовольняють умову $\|\mathbf{w}^0\| \geq N$. Доведемо це твердження. Нехай M — довільне додатне число, $\|\mathbf{w}^0\| < N$, $\|\beta_1\mathbf{b}^1 + \dots + \beta_s\mathbf{b}^s\| > M + 3N$ і

$N \geq \beta_{\max} d_2 \dots$. Серед векторів $\mathbf{w}^k$, $k = 0, \dots, s$, які задовольняють нерівність $\|\mathbf{w}^k\| \leq 2N$ виберемо вектор з найбільшим індексом. Нехай цей індекс рівний k . Тоді $\|\mathbf{w}^k\| \geq N$, $\|\beta_1 \mathbf{b}^1 + \dots + \beta_k \mathbf{b}^k\| = \|\mathbf{w}^k - \mathbf{w}^0\| < 3N$. Тому $\|\mathbf{b}^{k+1} + \dots + \mathbf{b}^s\| > M$. Отже, $\mathbf{w}^k, \dots, \mathbf{w}^s$ — шуканий правильний ланцюг.

З використанням теореми Больцано-Вейерштрасса можна довести існування такого одиничного вектора $\mathbf{e}$, що для довільних $N > 0$, $M > 0$ будь-який окіл $\mathbf{e}$ містить такий одиничний вектор $\frac{\mathbf{w}^0}{\|\mathbf{w}^0\|}$, що для правильного (B, β, ε) -ланцюга $\mathbf{w}^0, \mathbf{w}^1, \dots, \mathbf{w}^s$ виконуються нерівності $\|\mathbf{w}^0\| \geq N$ і $\|\beta_1 \mathbf{b}^1 + \dots + \beta_s \mathbf{b}^s\| > M$. Позначимо через $H_{\mathbf{e}}$ ортогональне доповнення до підпростору, породженого вектором $\mathbf{e}$ у $\mathbb{R}^{m+1}$. Із скінченності множини B випливає, що знайдеться таке додатне $\delta_{\mathbf{e}} > 0$, що для всіх $\mathbf{b} \in B \cap (R^{m+1} \setminus H_{\mathbf{e}})$ виконується нерівність $|\langle \mathbf{b}, \mathbf{e} \rangle| > 2\delta_{\mathbf{e}}$. Тоді знайдеться така відкрита куля $U_{\mathbf{e}} = B(\mathbf{e}, 2r_{\mathbf{e}})$ з центром у точці $\mathbf{e}$, що для довільних $\mathbf{x} \in U_{\mathbf{e}}$ і $\mathbf{b} \in U_{\mathbf{e}} \cap (R^{m+1} \setminus H_{\mathbf{e}})$ $|\langle \mathbf{b}, \mathbf{x} \rangle| > \delta_{\mathbf{e}}$. Покажемо, що знайдуться такі числа $\delta > 0$ і $L_1(\mathbf{e})$, що якщо

$$\lambda > L_1(\mathbf{e}), \beta_{\min} < \beta < \beta_{\max} \quad \mathbf{b} \in B \cap (R^{m+1} \setminus H_{\mathbf{e}}), \mathbf{x} \in U_{\mathbf{e}} \text{ і } \lambda \langle \mathbf{b}, \mathbf{x} \rangle \leq 2\varepsilon, \quad (5)$$

то

$$\|\lambda \mathbf{x} + \beta \mathbf{b}\| < \lambda - 2\delta. \quad (6)$$

Справді, для достатньо великих λ з того, що $|\langle \mathbf{b}, \mathbf{x} \rangle| > \delta_{\mathbf{e}}$ і (5) випливає, що $\langle \mathbf{b}, \mathbf{x} \rangle < -\delta_{\mathbf{e}}$. Застосувавши лему 3, отримаємо (6).

Розглянемо довільний правильний (B, β, ε) -ланцюг $\mathbf{w}^0, \mathbf{w}^1, \dots, \mathbf{w}^k$ і припустимо, що вектор $\|\mathbf{w}^0\|^{-1} \mathbf{w}^0$ «достатньо близький» до вектора $\mathbf{e}$. Ми будемо вимагати, щоб $\|\mathbf{w}^0\|^{-1} \mathbf{w}^0 \in V_{\mathbf{e}} = B(\mathbf{e}, r_{\mathbf{e}})$. Позначимо $L(\mathbf{e}) = \max\{L_1(\mathbf{e}), tL_2(\mathbf{e})\}$, де

$$L_2(\mathbf{e}) = \frac{2}{\delta} N^2(m, H_e \cap B, \beta_{\min}, \beta_{\max}, \varepsilon),$$

а множник $t \geq 1$ вибирається таким чином, щоб для довільного вектора $\mathbf{b} \in H_e$, довжина якого не більша за $L(m, H_e \cap B, \beta_{\min}, \beta_{\max}, \varepsilon)$ кінець орт-вектора, відповідного вектору $\mathbf{w}^0 + \mathbf{b}$ потрапив у U_e (існування такого множника впливає з наслідку до леми 2). Припустимо також, що $\|\mathbf{w}^0\| > L(\mathbf{e})$.

Згідно до (5)-(6), (B, β, ε) -ланцюг $\mathbf{w}^0, \mathbf{w}^1, \dots, \mathbf{w}^k$ не може бути правильним, якщо $\mathbf{b}^1 \notin H_e$. Покажемо, що не тільки $\mathbf{b}^1$, а й усі вектори $\mathbf{b}^1, \dots, \mathbf{b}^k$ належать H_e . Припустимо, що $\mathbf{b}^1, \dots, \mathbf{b}^s \in H_e$ і вектор $\mathbf{b}^{s+1}$ не належить підпростору H_e . Тоді за лемою 1 проекції $\tilde{\mathbf{w}}^0, \dots, \tilde{\mathbf{w}}^s$ векторів ланцюга утворюють правильний ланцюг у m -вимірному просторі, а тому за припущенням індукції

$$\|\beta_1 \mathbf{b}^1 + \dots + \beta_s \mathbf{b}^s\| \leq N(m, B \cap H_e, \beta_{\min}, \beta_{\max}, \varepsilon). \quad (7)$$

Поклавши у лемі 2 $\mathbf{a} = \mathbf{w}^0$, $\mathbf{b} = \beta_1 \mathbf{b}^1 + \dots + \beta_s \mathbf{b}^s$, отримаємо, що

$$\|\mathbf{w}^s\| \leq \|\mathbf{w}^0\| + \delta / 2 < \|\mathbf{w}^0\| + \delta$$

$$\text{і } \mathbf{w}^s \in U_e.$$

Оскільки $\mathbf{b}^{s+1} \notin H_e$, то з урахуванням (5)-(6) і попередньої нерівності отримуємо

$$\|\mathbf{w}^{s+1}\| < \|\mathbf{w}^s\| - 2\delta < \|\mathbf{w}^0\| - \delta.$$

Таким чином (B, β, ε) -ланцюг не може бути правильним, якщо усі вектори $\mathbf{b}^1, \dots, \mathbf{b}^k$ не належать гіперплощині H_e . Отже, для довільного правильного (B, β, ε) -ланцюга, початок якого $\mathbf{w}^0$ «достатньо близький» до $\mathbf{e}$ і $\|\mathbf{w}^0\| > L(\mathbf{e})$, величина $\|\beta_1 \mathbf{b}^1 + \dots + \beta_s \mathbf{b}^s\|$ задовольняє (7). Це суперечить вибору $\mathbf{e}$. Лема доведена.

Слід зауважити, що частинний випадок попередньої леми ($\varepsilon = 0$, $\beta_k = 1$) неявно і без доведення використовувався у [5] при доведенні теореми про зациклювання перцептрона. Тому доведення леми

4 заповнює прогалини у доведенні згаданої теореми і робить його коректним. Лема 4 перестає бути вірною у випадку, коли у (4) $\beta_{\max} = +\infty \left(\overline{\lim}_{k \rightarrow \infty} \beta_k = +\infty \right)$. Умова (3) використовувалася тільки для доведення того, що з (5) випливає (6). Шляхом ускладнення міркувань можна обійтися без (3).

Лема 5. Для довільного довільної невід’ємної послідовності $\{\beta^k\}$, елементи якої задовольняють (4) знайдеться таке число $N = N(m, B, \beta_{\max}, \varepsilon)$, що якщо $\mathbf{w}^0, \mathbf{w}^1, \dots, \mathbf{w}^s$ — правильний (B, β, ε) -ланцюг, то $\|\beta_1 \mathbf{b}^1 + \dots + \beta_s \mathbf{b}^s\| \leq N(m, B, \beta_{\max}, \varepsilon)$.

Доведення. Так само, як і у доведенні леми 4 скористаємося індукцією по m . Випадок $m = 1$ доводиться аналогічно. Припустимо, що теорема є вірною для простору $\mathbf{R}^m$ і доведемо, що тоді вона справджується і для $\mathbf{R}^{m+1}$. Нехай $\mathbf{e}$ — довільний одиничний вектор простору $\mathbf{R}^{m+1}$. Використаємо ті самі позначення, що й при доведенні леми 4 і визначимо значення величин $L_1(\mathbf{e})$ і δ_e та знайдемо такий відкритий окіл U_e , що

$$\text{для } \forall \lambda \geq L_1(\mathbf{e}) \text{ і } \forall \mathbf{x} \in U_e, \forall \mathbf{b} \in B \setminus H_e \quad |(\lambda \mathbf{x}, \mathbf{b})| \leq 2\varepsilon \Rightarrow (\lambda \mathbf{x}, \mathbf{b}) < 0. \quad (8)$$

Також будемо вимагати, щоб для всіх $\mathbf{x} \in U_e \cap B[0, 1]$ $(\mathbf{x}, \mathbf{e}) > 1/2$. Крім того, знайдеться таке $\tau > 0$, що для всіх $\mathbf{b} \in B \setminus H_e$ $\tau_b \leq -\tau d_2$, де $\mathbf{b} = \tau_b \mathbf{e} + \tilde{\mathbf{b}}, \tilde{\mathbf{b}} \in H_e$.

Розглянемо довільний правильний (B, β, ε) -ланцюг $\mathbf{w}^0, \mathbf{w}^1, \dots, \mathbf{w}^k$ і припустимо, що вектор $\|\mathbf{w}^0\|^{-1} \mathbf{w}^0$ не тільки «достатньо близький» до вектора $\mathbf{e}$, як це було при доведенні леми 4, але й «достатньо віддалений» від нього. Ми будемо вимагати, щоб $\|\mathbf{w}^0\|^{-1} \mathbf{w}^0 \in V_e = B(\mathbf{x}, r_e) \setminus B(\mathbf{x}, \frac{1}{2} r_e)$. Виберемо число δ таким чином, щоб $\delta = \frac{\tau \varepsilon}{16 d_2}$ у випадку $\varepsilon > 0$ і $\delta = \frac{1}{d_2^2}$ у іншому випадку. Нехай

$$\Lambda = \left\{ 0, \varepsilon, \frac{\varepsilon}{2}, \frac{1}{d_2^2} \right\}. \text{ Позначимо } L(\mathbf{e}) = \max \{L_1(\mathbf{e}), t L_2(\mathbf{e})\} + \frac{8\delta}{\tau} + \beta_{\max} d_2, \text{ де}$$

$$L_2(\mathbf{e}) = \frac{1}{\delta} \max_{\eta \in \Lambda} \left\{ \exp \left\{ \left(\frac{8\delta}{\tau} + \beta_{\max} \right) \right\} N(m, H_e \cap B, \beta_{\max}, \eta) + \frac{8\delta d_2}{\tau} + \beta_{\max} \right\}^2,$$

а множник $t \geq 1$ вибирається таким чином, щоб для довільного вектора $\mathbf{b} \in H_e$, довжина якого не більша за $\exp \left\{ \left(\frac{8\delta}{\tau} + \beta_{\max} \right) \right\} N(m, H_e \cap B, \beta_{\max}, \eta) + \frac{8\delta d_2}{\tau} + \beta_{\max}$ кінець орт-вектора, відповідного вектору $\mathbf{w}^0 - \left(\frac{8\delta}{\tau} + \beta_{\max} d_2 \right) \mathbf{e} + \mathbf{b}$ потрапив у U_e (існування такого множника випливає з наслідку до леми 2). Припустимо, що $\|\mathbf{w}^0\| > L(\mathbf{e})$ і $\|\tilde{\mathbf{w}}^0\| > d_2$, де $\tilde{\mathbf{w}}^0$ — проекція вектора $\mathbf{w}^0$ на підпростір H_e .

Згідно до (8) і леми 3 (B, β, ε) -ланцюг $\mathbf{w}^0, \mathbf{w}^1, \dots, \mathbf{w}^k$ не може бути правильним, якщо $\mathbf{b}^1 \notin H_e$.

Припустимо, що $\mathbf{b}^1, \dots, \mathbf{b}^{s_1} \in H_e$ і вектор $\mathbf{b}^{s_1+1}$ не належить підпростору H_e . Тоді $\mathbf{b}^{s_1+1} = \tau_1 \mathbf{e} + \tilde{\mathbf{b}}^{s_1}$, де $\tilde{\mathbf{b}}^{s_1}$ — проекція $\mathbf{b}^{s_1+1}$ на H_e і $\tau_1 \leq -\tau d_2$. Нехай $\tilde{\mathbf{c}}^{s_1} = \tilde{\mathbf{w}}^0 + \beta_1 \mathbf{b}^1 + \dots + \beta_{s_1} \mathbf{b}^{s_1}$, $\tilde{\mathbf{b}}^{s_1} = \mu_1 \tilde{\mathbf{c}}^{s_1} + \mathbf{c}^{s_1+1}$, $|\mu_1| < 1$, де $\mathbf{c}^{s_1+1} \perp \tilde{\mathbf{c}}^{s_1}$. Тоді вектори $(1 + \mu_1 \beta_{s_1+1}) \tilde{\mathbf{w}}^0, (1 + \mu_1 \beta_{s_1+1}) \tilde{\mathbf{w}}^1, \dots, (1 + \mu_1 \beta_{s_1+1}) \tilde{\mathbf{w}}^{s_1}$ за умови $\beta'_j = \beta_j \times (1 + \mu_1 \beta_{s_1+1})$, $j = 0, 1, \dots, s_1$ утворюють правильний (B, β, ε) -ланцюг.

Розглянемо вектор $\mathbf{b}^{s_1+2}$. Якщо $\mathbf{b}^{s_1+2} \in H_e$, то нерівність $(\mathbf{w}^{s_1+1}, \mathbf{b}^{s_1+2}) \leq 2\varepsilon$ в силу (8) імплікує $(1 + \mu_1 \beta_{s_1+1})(\tilde{\mathbf{w}}^{s_1}, \mathbf{b}^{s_1+2}) + \beta_{s_1+1}(\mathbf{c}^{s_1+1}, \mathbf{b}^{s_1+2}) < 0$. Звідси у свою чергу випливає, що $(1 + \mu_1 \beta_{s_1+1})(\tilde{\mathbf{w}}^{s_1}, \mathbf{b}^{s_1+2}) \leq \eta$ при умові $\beta_{s_1+1} d_2^2 \leq \eta$, де $\eta = \varepsilon / 2$ якщо $\varepsilon > 0$ і $\eta = 1 / d_2^2$ у протилежному випадку. Тому у цьому випадку вектори $(1 + \mu_1 \beta_{s_1+1}) \tilde{\mathbf{w}}^0, (1 + \mu_1 \beta_{s_1+1}) \tilde{\mathbf{w}}^1, \dots, (1 + \mu_1 \beta_{s_1+1}) \tilde{\mathbf{w}}^{s_1}$ і $\tilde{\mathbf{w}}^{s_1+1} + \beta_{s_1+2} \mathbf{b}^{s_1+2}$ утворюють правильний (B, β', η) -ланцюг і $\beta_1 \mathbf{b}^1 + \dots + \beta_{s_1} \mathbf{b}^{s_1} + \beta_{s_1+1} \mathbf{b}^{s_1+1} + \beta_{s_1+2} \mathbf{b}^{s_1+2} = \beta'_1 \mathbf{b}^1 + \dots + \beta'_{s_1} \mathbf{b}^{s_1} + \beta_{s_1+1} \mathbf{c}^{s_1+1} + \beta_{s_1+2} \mathbf{b}^{s_1+2} + \beta_{s_1+1} \tau_1 \mathbf{e}$.

Якщо $\mathbf{b}^{s_1+2} \notin H_e$, то застосувавши міркування аналогічні до наведених у попередньому абзаці, отримаємо правильний (B, β', ε) -ланцюг $(1 + \mu_1 \beta_{s_1+1}) \times \dots \times (1 + \mu_2 \beta_{s_2+1}) \tilde{\mathbf{w}}^1, \dots, (1 + \mu_1 \beta_{s_1+1}) (1 + \mu_2 \beta_{s_2+1}) \tilde{\mathbf{w}}^{s_1}$, де $|\mu_2| < 1$, $s_2 = s_1 + 1$, $\beta'_j = \beta_j (1 + \mu_1 \beta_{s_1+1}) (1 + \mu_2 \beta_{s_2+1})$ і $\beta_1 \mathbf{b}^1 + \dots + \beta_{s_1+1} \mathbf{b}^{s_1+1} + \beta_{s_1+2} \mathbf{b}^{s_1+2} = \beta'_1 \mathbf{b}^1 + \dots + \beta'_{s_1} \mathbf{b}^{s_1} + \beta_{s_1+1} \mathbf{c}^{s_1+1} + \beta_{s_2+1} \mathbf{c}^{s_2+1} + (\beta_{s_1+1} \tau_1 + \beta_{s_2+1} \tau_2) \mathbf{e}$.

Припустимо, що

$$\beta_{s_1+1} + \dots + \beta_{s_k+1} < \frac{8\delta}{\tau}. \quad (9)$$

Повторне застосування вищезгаданих міркувань дозволяє отримати (B, β', η) -ланцюг

$$\zeta_k \tilde{\mathbf{w}}^0, \zeta_k \tilde{\mathbf{w}}^1, \dots, \zeta_k \tilde{\mathbf{w}}^j, \dots, \zeta_k \tilde{\mathbf{w}}^{s_k}, \quad j \in J_k, \quad (10)$$

$\zeta_k = (1 + \mu_1 \beta_{s_1+1}) \dots (1 + \mu_k \beta_{s_k+1})$, $\eta = \varepsilon$ або $\eta = \varepsilon / 2$ або $\eta = 1 / d_2^2$ (у випадку нульового допуску), $\beta'_j \in \{\beta_j \zeta_j, \beta_j\}$, $j \in J_k$, $J_k = \{1, \dots, s_k\} \setminus \{s_1 + 1, \dots, s_{k-1} + 1\}$.

Для того, щоб переконатися, що послідовність (10) є правильним (B, β', η) -ланцюгом досить перевірити, що з (9) випливає, що

$$\sum_{j=1}^{k-1} \beta_{s_j+1} (\mathbf{c}^{s_j+1}, \mathbf{b}^{s_j+2}) \leq \eta, \text{ а тому } \zeta_j (\tilde{\mathbf{w}}^{s_j}, \mathbf{b}^{s_1+2}) \leq \eta, \quad j = 1, \dots, k-1.$$

Крім того

$$\beta_1 \mathbf{b}^1 + \dots + \beta_{s_1} \mathbf{b}^{s_1} + \dots + \beta_{s_k+1} \mathbf{b}^{s_k+1} = \Sigma_1 + \Sigma_2 + \Sigma_3,$$

де

$$\Sigma_1 = \sum_{j \in J_k} \beta'_j \mathbf{b}^j, \quad \beta'_j \in \{\beta_j \zeta_j, \beta_j\}, \quad \Sigma_2 = \sum_{j=1}^k \beta_{s_j+1} \mathbf{c}^{s_j+1}, \quad \Sigma_3 = \sum_{j=1}^k \tau_j \beta_{s_j+1} \mathbf{e}.$$

Тоді згідно до леми 2

$$\|\Sigma_1 + \Sigma_2 + \Sigma_3\| \leq \|\Sigma_1 + \Sigma_2\| \leq \zeta_k \max_{\eta \in \Lambda} N(m, H_e \cap B, \beta_{\max}, \eta) + \frac{8\delta}{\tau}.$$

Для оцінки величини ζ_k скористаємося відомою нерівністю $1 + x < e^x$ ($x > 0$). Тоді $\zeta_k < (1 + \beta_{s_1+1}) \dots (1 + \beta_{s_k+1}) < \exp\{\beta_{s_1+1} + \dots + \beta_{s_k+1}\}$.
Остаточно

$$\|\Sigma_1 + \Sigma_2 + \Sigma_3\| \leq \exp\left\{\frac{8\delta}{\tau}\right\} \max_{\eta \in \Lambda} N(m, H_e \cap B, \beta_{\max}, \eta) + \frac{8\delta}{\tau}. \quad (11)$$

Припустимо тепер, що $\beta_{s_1+1} + \dots + \beta_{s_{k-1}+1} < \frac{8\delta}{\tau}$ і $\beta_{s_1+1} + \dots + \beta_{s_k+1} \geq \frac{8\delta}{\tau}$.

Поклавши у лемі 2 $\mathbf{a} = \mathbf{w}^0 + \Sigma_3$, $\mathbf{b} = \Sigma_1 + \Sigma_2$, з урахуванням правила вибору $tL_2(\mathbf{e})$, отримаємо, що

$$\|\mathbf{w}^{s_k+1}\| \leq \|\mathbf{w}^0 + \Sigma_3\| + \delta \text{ і } \mathbf{w}^0 + \Sigma_3 \in U_e.$$

Оскільки $\|\mathbf{w}^0\| \geq \frac{8\delta}{\tau}$ і косинус кута між $\frac{\mathbf{w}^0}{\|\mathbf{w}^0\|}$ і $\frac{\Sigma_3}{\|\Sigma_3\|}$ менший за $-\frac{1}{2}$

, то з урахуванням леми 3 і попередньої нерівності отримуємо

$$\|\mathbf{w}^{s_k+1}\| \leq \|\mathbf{w}^0 + \Sigma_3\| + \delta \leq \|\mathbf{w}^0\| + \delta - 2\delta = \|\mathbf{w}^0\| - \delta.$$

Таким чином (B, β, ε) -ланцюг не може бути правильним, якщо не виконується нерівність (9). Отже, для довільного правильного (B, β, ε) -ланцюга $\mathbf{w}^0, \mathbf{w}^1, \dots, \mathbf{w}^s$, початок якого задовольняє умову $\|\mathbf{w}^0\|^{-1} \mathbf{w}^0 \in V_e$ і $\|\mathbf{w}^0\| > L(\mathbf{e})$, величина $\|\beta_1 \mathbf{b}^1 + \dots + \beta_s \mathbf{b}^s\|$ задовольняє (11). Множини V_e утворюють відкрите покриття одиничної сфери. Це покриття за лемою Бореля містить скінченне підпокриття $V_{e_1}, \dots, V_{e_p}$. Тому можна для довільного правильного (B, β, ε) -ланцюга $\mathbf{w}^0, \mathbf{w}^1, \dots, \mathbf{w}^s$ $\|\beta_1 \mathbf{b}^1 + \dots + \beta_s \mathbf{b}^s\| < N(m+1, B, \beta_{\max}, \varepsilon)$, де

$$N(m+1, B, \beta_{\max}, \varepsilon) = \max\{L_1(\mathbf{e}), \dots, L_p(\mathbf{e})\} + \exp\left\{\frac{8\delta}{\tau}\right\} \cdot \max_{\eta \in \Lambda} N(m, H_e \cap B, \beta_{\max}, \eta) + \frac{8\delta}{\tau}.$$

Лема доведена.

Тепер ми вже можемо довести теорему про обмеженість вагових векторів ПНЕ для пакетного алгоритму навчання з допуском.

Теорема 2. Якщо множини A^+ і A^- є скінченними, послідовність вагових векторів $\{\mathbf{w}^k\}$ будується згідно до (2), то для довільних допуску $\varepsilon \geq 0$, початкового наближення $\mathbf{w}^0$, навчаючої послідовності $\{\mathbf{a}^k\}$ і послідовності $\{\beta_k\}$, послідовність $\|\mathbf{w}^k\|$ є обмеженою за умови, що коефіцієнти $\{\beta_k\}$ задовольняють умову (4).

Доведення. Не втрачаючи загальності, будемо вважати, що у процесі навчання $\Delta \mathbf{w}^k \neq \mathbf{0}$. Крім того, можна вважати, що $A^- = \emptyset$, оскільки у протилежному випадку усі вектори $P(\mathbf{a}^k)$, де $\mathbf{a}^k \in A^-$ можна замінити на вектори $-P(\mathbf{a}^k)$. Ця заміна є допустимою, оскільки навчання ПНЕ по розпізнаванню підмножин множини $A \subset \mathbb{R}^n$ можна розглядати, як навчання НЕ по розпізнаванню підмножин множини $P(A) \subset \mathbb{R}^n$, де $P(A) = \{P(\mathbf{a}) \mid \mathbf{a} \in A\}$. Тому для всіх $k > 0$ $\gamma_{kj} \in \{0, 1\}$, $j = \overline{1, l}$. Покажемо тепер, що доведення теореми досить провести для он-лайн алгоритму навчання звичайного НЕ. Для цього розглянемо множину

$$B = \left\{ \alpha_1 P(\mathbf{a}^{i_1}) + \dots + \alpha_l P(\mathbf{a}^{i_l}) \mid \mathbf{a}^{i_j} \in A, \alpha_i \in \mathbb{Z}_2, i = 1, \dots, l \right\}.$$

Легко переконатися, що множина B скінченна, оскільки $\text{Card } B \leq \sum_{i=0}^l \bar{C}_t^i = \sum_{i=0}^l C_{t+i-1}^i = C_{t+l}^t$, де $t = \text{Card } A$. Для кожної навчаючої послідовності $\{\mathbf{a}^k\}$ ПНЕ можна побудувати навчаючу послідовність $\{\mathbf{b}^k\}$ НЕ, вектори приростів яких співпадають. Тим самим навчання ПНЕ по розпізнаванню підмножин множини A зводиться до навчання звичайного НЕ по розпізнаванню підмножин множини B , для якого $\Delta \mathbf{w}^k = \mathbf{b}^k \neq \mathbf{0}$.

Висновки

У роботі було показано, виконання умови (4) забезпечує обмеженість вагових векторів, які отримуються згідно до алгоритму навчання перцептрона. Цей результат може бути використаний при побудові роскет-алгоритмів навчання ПНЕ.

ЛІТЕРАТУРА

1. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс / С. Хайкин. – 2-е изд. – М. : Вильямс-Телеком, 2006. – 1104 с.
2. Розенблатт, Ф. Принципы нейродинамики. Перцептроны и теория механизмов мозга. – М. : Мир, 1965. – 480 с.
3. Гече, Ф. Е. Алгоритми навчання узагальнених нейронних елементів відносно системи характерів / Ф. Е. Гече, В. М. Коцовський, А. Є. Батюк // Збірник наукових праць інституту проблем моделювання в енергетиці НАН України. -- К., 2007.~-- Вип. 41. -- С. 124-136.
4. Дуда, Р. Распознавание образов и анализ сцен /Р. Дуда, П. Харт. – М. : Мир, 1976. – 507 с.
5. Минский, М. Р. Персептроны /М. Минский, С. Пайперт. – М. : Мир, 1971. – 261 с.

ИНВАРИАНТНО-СОГЛАСОВАННЫЙ МЕТОД АНАЛИЗА ИЕРАРХИЙ В ЗАДАЧАХ ПЛАНИРОВАНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ МЕРОПРИЯТИЙ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Аннотация. В соответствии с особенностями иерархии проблемы энергосбережения решается задача ранжирования мероприятий энергосбережения и объектов их внедрения. Предложен усовершенствованный метод анализа иерархий, который обеспечивает согласованность матрицы предпочтений на всех этапах ранжирования.

Ключевые слова: энергосбережение, метод анализа иерархий, экспертная оценка, ранжирование альтернатив, сортировка.

Введение

Проблемой энергосбережения на железнодорожном транспорте занимались и занимаются все производственные подразделения, причастные к движению, привлекается весь научный потенциал отраслевых учебных и исследовательских институтов [1, 2].

Однако теоретическая база по выбору мероприятий по энергосбережению на железнодорожном транспорте отсутствует. Выбор энергоэффективных технологий производится без системного подхода, на спонтанно-интуитивной основе.

Разработка и внедрение новых, поддержка не утративших актуальности ранее известных мероприятий энергосбережения требует современных, научно обоснованных подходов к планированию и оперативному управлению. В данной работе предлагается новый подход к решению проблем энергосбережения, в частности, в системе электрообеспечения тяги поездов постоянного тока.

Применение метода анализа иерархий (МАИ) при планировании мероприятий энергосбережения позволит снизить субъективную составляющую, повысить эффективность планирование и как следствие общий эффект экономии электроэнергии.

Постановка задачи

Разработка плана по энергосбережению предусматривает решение задач учета энергосберегающих мероприятий, их ранжирования и от-

бора в соответствии с имеющимися возможностями, ранжирования и выбора объектов внедрения, выделение технологических составляющих мероприятий, установление сроков, исполнителей, методов и средств контроля эффективности применения.

Ключевыми процессами планирования является ранжирование мероприятий по энергосбережению и объектов их внедрения, что и является задачей данной работы.

Особенности иерархии проблемы энергосбережения

Анализ проблемы позволил выделить особенности, которые необходимо учесть при построении иерархии проблемы.

Структурно-организационная модель планирования, управления и выполнения мероприятий имеет три уровня: Укрзализныци, службы дороги и дистанции электроснабжения.

На уровне дистанции электроснабжения принимаются решения о:

- схеме питания контактной сети;
- установке вольтодобавочных устройств;
- модернизации контактной сети;
- переключении на параллельную работу силовых трансформаторов и преобразователей;
- регулировании напряжения на шинах тяговых подстанций;
- замене преобразовательных и силовых трансформаторов выпрямителей и др.

На этом уровне все вопросы замены оборудования решаются по согласованию с вышестоящими инстанциями, а вопросы регулирования режимов решаются энергодиспетчером с использованием устройств телемеханики.

На уровне службы электроснабжения принимаются решения о:

- переводе тяги поездов на высший уровень напряжения;
- выборе метода расчётов за электроэнергию (одноставочный тариф, дифференцированный тариф или оптовые цены) и др.

На уровне главка электроснабжения осуществляется формирование технической политики хозяйства электрификации:

- распределение оборудования по дистанциям (в соответствии с заявками);
- контроль норм расхода электроэнергии;

– контроль эффективности мероприятий по энергосбережению и др.

Отметим, что количество альтернатив достаточно большое и значительно превышает возможности стандартного МАИ.

При планировании мероприятий по энергосбережению необходимо учитывать следующие факторы: степень готовности к исполнению; затратность; вероятность достижения цели; ожидаемый экономический эффект; осуществимость или технические возможности внедрения.

Обеспечение согласованности матриц предпочтения

МАИ [3] предназначен для повышения объективности и обоснованности принятия решений в задачах выбора или ранжирования альтернатив.

Наиболее сложным элементом метода является составление экспертом (экспертами) в предметной области матрицы предпочтений – определение степени приоритетности в каждой паре имеющихся альтернатив. Сложность заключается в том, что отсутствие у эксперта развитого логического мышления, нечеткость информации об альтернативах часто приводят к несогласованности экспертных оценок.

Добиться абсолютной согласованности экспертных оценок с одной стороны практически не возможно, а с другой – в этом нет необходимости. Саати [3] предложен метод определения отношения согласованности (ОС) матрицы предпочтений, который является количественной оценкой непротиворечивости экспертных сравнений.

Опыт показывает, что добиться допустимой согласованности сравнений (по ОС) также достаточно непросто. Выполненные вычислительные эксперименты тому подтверждение. При трех альтернативах количество возможных матриц предпочтения со шкалой, предложенной Саати – 4 913 (173) и только 1 116 (23%) из них являются согласованными, при четырех альтернативах – 24 137 569 (176) и 749 886 (3%) соответственно.

Если отношение согласованности превышает допустимые пределы, эксперт по интуитивным представлениям может пытаться изменить оценки для повышения согласованности. Одним из выходов [4] является построение абсолютно согласованной матрицы, задавая только базовые оценки, вычисляя остальные согласно свойству транзи-

тивности. Однако проблема согласованности оценок эксперта при этом не решается, а просто камуфлируется.

Нами предлагается методика построения матрица предпочтений, которая на каждом шаге инвариантно обеспечивает согласованность по допустимому уровню отношения согласованности – инвариантно-согласованный МАИ (ИС МАИ).

Работа эксперта должна выполняться в программной среде, обеспечивающей возможность одновременного доступа к графическому элементу управления и двум представлениям матрицы предпочтений.

На рис. 1 приведен элемент управления для трех альтернатив.

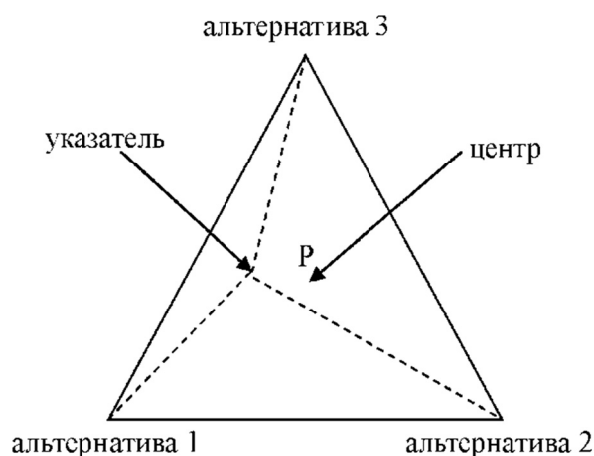


Рисунок 1 – Элементы интерфейса пользователя для сравнения альтернатив

Для работы с представленным элементом управления эксперту необходимо знать единственное правило: чем относительное положение указателя ближе к некоторой вершине, тем соответствующая альтернатива предпочтительнее. Допустимые перемещения соответствуют согласованным матрицам предпочтения. Например, допустимые перемещения указателя из исходного расположения вершин показаны на рис. 2.

Согласно заданным пользователям соотношениям формируются матрицы предпочтений в числовом (табл. 1) и семантическом представлении (табл. 2).

Таблица 1

Матрица предпочтений в числовом представлении

Альтернативы	1	2	3
1	X	6	8
2	1/6	X	1/2
3	1/8	2	X



Рисунок 2 – Отметки соответствующие согласованной матрице предпочтений

Таблица 2

Матрица предпочтений в семантическом представлении

	Готовность	Затратность	Эконом. эффект
Готовность	X	Превосходство между сильным и значительным	Превосходство между значительным и очень сильным
Затратность	X	X	Уступает меньше, чем умеренно
Эконом. эффект	X	X	X

Каждому возможному заполнению матрицы предпочтений соответствует допустимая точка на элементе управления, в которой минимизируется несогласованность предпочтений. Для приведенного элемента управления (рис. 1) функция соответствия точки матрице предпочтений:

$$F = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \left(a_{ij} - \frac{s_{ij} - r_i}{s_{ij} - r_j} \right)^2,$$

где s_{ij} – расстояние между вершинами, соответствующих альтернативам i и j , r_i – расстояние между вершиной соответствующей альтернативе i и указательной точкой.

Алгоритм ранжирования мероприятий

Ввиду того, что мероприятий энергосбережения достаточно много, а МАИ теоретически ограничено десятью альтернативами, а практически ранжирование 5-6 альтернатив может быть достаточно сложным, предлагается следующий алгоритм сортировки (ранжирования).

Особенность сортировки альтернатив по убыванию весов заключается в том, что веса альтернатив не обладают свойством транзитивности, они неизвестны, можно лишь установить их соотношения, которые в свою очередь изначально неизвестны и имеют субъективную составляющую.

Представим укрупненный алгоритм на псевдокоде:

выполнить:

- группировку альтернатив по 3-4 в группе, последовательно выбирая элементы исходного массива (формулы 1, 2) и ранжирование ИС МАИ в каждой группе (4-6, 13);
- повторно группировку альтернатив по 3-4 в группе таким образом, чтобы не было одинаковых групп в первой и повторной группировках (1, 3) и ранжирование ИС МАИ в каждой группе (4-6, 13);

цикл пока изменяется местоположение альтернатив *выполнить:*

- группировку альтернатив по 4-6 в группе (1, 2);
- сортировку альтернативы в группах согласно весам, для чего:
 - построить матрицу предпочтений (4, 5), дополнив недостающие элементы матрицы
 - *если* известных транзитивных отношений больше либо равно двух
 - *то* усреднением оценки в предположении выполнения свойства транзитивности (7)
 - *иначе* запросив у эксперта ИС МАИ подматрицы размером три (8, 9);
 - *если* матрица предпочтений не согласована
 - *то* преобразовать к ближайшей согласованной, незначительно изменяя дополненные элементы (10);
- вычисление весов альтернатив согласно МАИ (11) и сортировку (12, 13);

- повторно группировку альтернатив по 5-6 в группе, выбирая элементы в исходном массиве со сдвигом на три элемента (1, 3) и сортировку альтернативы в группе как описано ранее (4-13).

Уточним алгоритм формальными средствами. Будем обозначать ${}^k A_i$ – i-й элемент массива ${}^k \mathbf{A}$ на k-м шаге алгоритма, размерность массива ${}^k \mathbf{A} - n$; a_{ij} – элементы парных сравнений. Элементы a_{ij} являются экспертными оценками и вначале $\forall a_{ij} = 0$.

Группировка альтернатив

$${}^k {}_r \mathbf{B}_i = [{}^k B_j, {}^k B_{j+1}, \dots, {}^k B_{j+{}^k n}], \quad (1)$$

где ${}^k B_j$ – j-я альтернатива r-й группы на k-м шаге алгоритма, чередуясь с МАИ, выполняется следующим образом:

$$k = 4I + 1 \ (I = 0, 1, 2, \dots): \ , \sum_{r=1}^{kN} {}^k n = n, \ {}^k B_i = {}^{k-1} A_j, \ j = i + {}^k m, \ {}^k m = \sum_{i=0}^{r-1} {}^k n; \quad (2)$$

$$k = 4I + 3: \ {}^k N = {}^{k-1} N - 1, \ {}^k n = {}^{k-2} n, \ {}^k B_i = {}^{k-1} A_j, \text{ где } j = i + {}^2 m + [{}^{k-1} n / 2], \quad (3)$$

где ${}^k N$ – количество групп на k-м шаге, ${}_0 n = 0$. Количество альтернатив в группах ${}_r n$ при $k = 1$ выбирается равным 3...4 (предпочтение трем), при $k > 4$ – 4...6 (предпочтение шести).

Для каждой ${}^k {}_r \mathbf{B}$ строится матрицы предпочтений $[{}^k b_{ij}]$ и признаков $[{}^k u_{ij}]$ ${}^k b_{ij} = a_{pq}$, $p, q : ({}^k B_i = {}^{k-1} A_p \& {}^k B_j = {}^{k-1} A_q)$ и ${}^k u_{ij} = 0$. (4)

Матрица предпочтений $[{}^k b_{ij}]$ для группы ${}^k {}_r \mathbf{B}$ в интерактивном режиме определяется экспертом на основе ИС МАИ

$${}^k b_{ij} = \mu_p \quad \bar{\mu} = [1/9, 1/8, \dots, 1, 2, \dots, 9]. \quad (5)$$

Матрица $[a_{ij}]$ дополняется элементами полученными от эксперта:

$$a_{ij} = {}^k b_{pq} \text{ при } {}^0 A_i = {}^k B_p \& {}^0 A_j = {}^k B_q. \quad (6)$$

При $k > 4$ выполняется дополнение матрицы $[{}^k b_{ij}]$ следующим образом: если ${}^k b_{ij} = 0$ и $\exists \nu$ таких t_d , что ${}^k b_{it_d} > 0 \& {}^k b_{t_d j} > 0$, то

$${}_r^k b_{ij} = 1 / \nu \left(\sum_{l=1}^{\nu} ({}_r^k b_{it_d} / {}_r^k b_{t_d j}) \right) \text{ и } {}_r^k u_{ij} = 1. \quad (7)$$

Если после дополнения в матрице $[{}_r^k b_{ij}]$ остаются нулевые элементы, они определяются на основе ИС МАИ: формируется группа альтернатив ${}_r^k \tilde{\mathbf{B}} = [{}_r^k \tilde{B}_1, {}_r^k \tilde{B}_2, {}_r^k \tilde{B}_3]$ так, что для $\forall {}_r^k b_{ij} = 0 \exists {}_r^k \tilde{B}_p = {}_r^k B_i$. Матрица предпочтений $[{}_r^k \tilde{b}_{ij}]$ для группы ${}_r^k \tilde{\mathbf{B}}$ в интерактивном режиме определяется экспертом на основе ИС МАИ с ограничениями, согласно данным ранее оценкам эксперта ${}_r^k \tilde{b}_{ij} = \mu_p$. (8)

Матрица предпочтений $[a_{ij}]$ дополняется элементами полученными от эксперта:

$$a_{ij} = {}_r^k \tilde{b}_{pq} \text{ при } {}^0 A_i = {}_r^k \tilde{B}_p \& {}^0 A_j = {}_r^k \tilde{B}_q. \quad (9)$$

Если в матрице $[{}_r^k b_{ij}]$ нет нулевых элементов, но она не согласована, выполняется ее согласование. Элементы ${}_r^k b_{ij}$ для которых ${}_r^k u_{ij} = 1$ изменяются

$${}_r^k b_{ij} = {}_r^k b_{ij} \pm {}_r^k \delta_{ij} = (\mu_p / {}_r^k b_{ij} + \mu_{p \pm q}), \quad (10)$$

где p такое, что $\mu_p = {}_r^k b_{ij}$; ${}_r^k \delta_{ij}$ определяются полным перебором из условия минимума отношения согласованности при $q \leq 1$. Если минимум больше 0,1 поиск ${}_r^k \delta_{ij}$ продолжается при $q \leq 2$, $q \leq 3$ и т.д. до согласования матрицы $\{{}_r^k b_{ij}\}$.

Согласно МАИ выполняется ранжирование альтернатив в группе. Для этого и стандартным образом определяются веса:

$${}_r^k w_i = \frac{1}{{}_r^k n} \sum_{i=1}^{{}_r^k n} ({}_r^k b_{ij} / \sum_{j=1}^{{}_r^k n} {}_r^k b_{ij}). \quad (11)$$

Выполняется сортировка элементов в группах:

$$\forall {}_r^2 B_i \exists {}_r^1 B_i : {}_r^1 w_j \leq {}_r^1 w_i \leq {}_r^1 w_k \text{ при } j < i < k \text{ и } 1 \leq i, j, k \leq {}_r^2 n, \forall {}_r^2 n = {}_r^1 n. \quad (12)$$

Соответственно переставляются элементы и в массиве альтернатив:

$${}^k A_i = {}^{k-1} A_i, \text{ при } k = 1, 3, 5, \dots; {}^k A_i = {}^{k-1} B_q, \quad (13)$$

где p и q определяются из соотношений

$$i - {}^k_p m = \min_s (i - {}^k_s m), \quad q = i - {}^k_p m,$$

а s удовлетворяет неравенству $i - {}^k_s m > 0$.

Выводы

В работе предложена математическая модель выбора энергосберегающих мероприятий в системах тягового электроснабжения на основе усовершенствованного МАИ, что позволяет системно подходить к решению задач энергосбережения.

Предложенный ИС МАИ обеспечивает согласованность экспертных оценок на всех этапах ранжирования альтернатив. Работа эксперта упрощается тем, что размерность матриц предпочтений не превышает четырех, наличием геометрической интерпретации и отсечением возможности построения рассогласованных оценок.

ЛИТЕРАТУРА

1. Потребление и экономия электроэнергии в стационарной энергетике железнодорожного транспорта / под ред. А.Н. Поплавского. – М.: Транспорт, 1976. – 216с.
2. Кузнецов В.Г. Аналіз динаміки зміни "умовних" втрат електричної енергії в тяговій мережі / В.Г. Кузнецов, Т.І. Кирилюк, Ю.М. Сергачий // Електрифікація транспорту. – 2011. – № 1. – С. 42-45.
3. Саати Т. Аналитическое планирование : Организация систем/ Т. Саати, К. Кернс. – М.: Радио и связь, 1991. – 224с.
4. Ногин В.Д. Упрощенный вариант метода анализа иерархий на основе нелинейной свертки критериев / В.Д. Ногин // Журнал вычислительной математики и математической физики. – 2004. – т. 44. – № 7. – С. 1259-1268.

КОГНІТИВНА НЕЧІТКО-ЛОГІЧНА МОДЕЛЬ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНОЇ СИСТЕМИ ПІДПРИЄМСТВА

Анотація. Робота присвячена розробці когнітивної нечітко-логічної моделі соціально-економічної системи. Вперше для побудови когнітивної нечітко-логічної моделі застосовується нечіткий підхід, який імітує інтуїцію маркетолога, що дозволяє прогнозувати та аналізувати діяльність соціально-економічної системи «підприємство – споживачі».

Ключові слова: когнітивна нечітко-логічна модель, соціально-економічна система, прогноз, аналіз.

Вступ. Апарат нечітких когнітивних карт, заснований на з'єднанні когнітивного моделювання та теорії нечітких множин в рамках концепції «м'яких» обчислень (Soft Computing), дозволяє адекватно представляти і аналізувати широкий клас систем і процесів з урахуванням невизначеності, неточності і неповноти вихідних даних. Даний клас моделей може бути ефективно використаний для аналізу ситуацій взаємодії, в яких присутня неповна або суперечлива інформація, як основу для аналізу мультиагентних систем, істотно розширюючи їх властивості.

Методологія когнітивного моделювання. Методологія когнітивного моделювання, що призначена для аналізу і прийняття рішень в певних ситуаціях, була запропонована R.Axelrod [1]. Вона заснована на моделюванні суб'єктивних уявлень експертів про ситуацію і включає: методологію структуризації ситуації; модель представлення знань експерта у вигляді знакового орграфа (когнітивної карти) (F, W) , де F - множина факторів ситуації, W - множина причинно-наслідкових відносин між факторами ситуації; методи аналізу ситуації. В даний час методологія когнітивного моделювання розвивається в напрямі вдосконалення апарату аналізу і моделювання ситуації.

Когнітивні карти створюються і видозмінюються в результаті активної взаємодії суб'єкта з навколишнім світом. При цьому можуть формуватися когнітивні карти різного ступеня спільності, «масштабу» та організації (наприклад, карта-огляд або карта-шлях в залежності від повноти представленості просторових відносин і присутності вираженої точки відліку). Це - суб'єктивна картина, що має, перш за все просторові координати, в якій локалізовані окремі сприймаються

предмети. Виділяють карту-шлях як послідовне уявлення зв'язків між об'єктами по певному маршруту, і карту-огляд як одночасне подання просторового розташування об'єктів [2].

Формування корпоративної політики підприємства за допомогою когнітивних карт. Корпоративна політика підприємства (КПП) «Днепропластавтомат» - це система стратегічних заходів, здійснюваних керівництвом для забезпечення в існуючому нормативно-правовому просторі певного балансу інтересів (прибутку) учасників економічної діяльності підприємства (ЕДП), що відповідає його стратегічним цілям.

У зарубіжній практиці для вирішення аналогічних завдань в останні роки вживаються численні спроби створення інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень (СППР), що використовують різні наукові концепції економічного управління. Число комерційних пакетів СППР сьогодні перевищила за сотню і продовжує швидко зростати. Їх створюють і маловідомі фірми, і такі солідні як Microsoft, IBM, Oracle, ROSS Systems. Проте функціональні можливості розроблених систем все ще залишаються нижчими вимог, що пред'являються практикою.

Серйозним недоліком є відсутність в них функції генерації управлінських рішень [3, 4]. До певної міри це обумовлено винятковою складністю питання генерації. Труднощі формалізації питання зумовлені низкою обставин, характерних для економічної практики: 1) поряд з таким показником як "Прибуток", формована КПП одночасно впливає на інші показники виробництва: "Соціальний клімат на підприємстві", "Завоювання ринку", "Ризик" і т. д., кількісна оцінка яких практично неможлива; 2) заходи, що включаються до КПП, можуть бути реалізовані лише в певних виробничих ситуаціях; 3) включення заходів в КПП підпорядковане деякими обмеженнями цілісності (зв'язки "розділення", "проходження", "об'єднання").

Надії на вирішення питання пов'язують з методологією когнітивного моделювання, яка реалізується на основі технології нечітких когнітивних карт (FCM - Fuzzy Cognitive Maps) [5].

FCM - це груба схема-модель предметної області, що відображає суб'єктивно ідентифіковані фахівцями істотні поняття області і відносини між ними, а також ефективні евристики (стратегії) рішення задач предметної області. FCM призначені переважно для якісного

аналізу неформалізованих завдань і використовуються при прийнятті рішень в нечітких середовищах.

У разі FCM суттєві обмеження зумовлені ще й самим принципом покладеним в їх основу ("метафора нейронних мереж").

Більш широкі можливості, особливо при моделюванні виробничо-економічних систем, може дати інша принципова схема FCM, заснована на "метафорі генетичних мереж" [5, 6]. Ця метафора і була використана при розробці FCM для задачі генерації КПП.

Специфікація розробленої FCM. $\langle X \leftrightarrow Y \rangle$ - розділи КПП, відповідні парам підприємство - контрагент, інтереси якого враховуються в КПП;

$\tilde{P}(X \leftrightarrow Y)$ - пріоритети розподілу прибутку, що встановлюються керівництвом;

C - набір показників ефективності КПП, що включає поряд з показником-фаворитом "прибуток", такі показники як "соціальний клімат на підприємстві", "завоювання ринку", "інвестиційна привабливість", "екологічна безпека виробництва", "ризик", показники оцінюються по 3 - х мірним шкалами: лінгвістичної, інтервальної, конструються навколо поняття "норми", які узгоджуються з керівництвом;

$\tilde{Z}(X \leftrightarrow Y)$ - завдання КПП, що формуються у відповідність з $\tilde{P}$ та C ;

$(\tilde{Z} : \frac{X}{Y} \rightarrow \max | \min | 1 | \Delta; \Delta$ - угода про частковий розділ "прибутку", наприклад, $X : Y = 1 : 3$. Тут знак " $|$ " – операція диз'юнкції);

$M(X \leftrightarrow Y)$ - дерево заходів, що забезпечують реалізацію завдань $\tilde{Z}$;

K - класифікатор типових ситуацій на підприємстві даної категорії даного сектора економіки;

$\tilde{N}$ - нечітка каузальна мережа, яка включає множина детермінаційних правил ($\tilde{D}$) і граф залежностей, який ситуативно визначає причинно-наслідкові та квантифікуючі відносини між M та C .

Детермінаційні правила (детермінації D) мають структуру такого вигляду:

$$D := \langle (i), L, F; \left[\bigvee_i (M_i, \varphi_i) \Rightarrow (C, \varphi) \right]; U \rangle,$$

де (i) - власне ім'я детермінації;

L - сфера застосування (тематичний розділ КПП і ієрархічний номер у каузальній мережі);

F - умови застосування (типова ситуація в зовнішній і внутрішній середовищах підприємства; економічні закономірності, при яких $\tilde{D}$ актуальна);

$[...] -$ ядро детермінації;

$\bigvee_i$ - нечіткі оператори детермінації; існують 14 типів операторів, що визначають недиз'юнктивну граматику конструювання та оцінки КПП;

U - постумова, яка вказує наступні зв'язки $\tilde{D}$ в ланцюжку виводу.

Операційна частина FCM включає:

I - інструкцію з розробки, налаштування та супроводу (по типу системного оболонки);

Q - узагальнений операційний маршрут, який реалізує алгоритм Q пошуку рішень $s \in S$ множина завдань $v \in V$, що виникають в процесі генерації КПП; $Q \subseteq V \times S$.

Маршрут Q забезпечує чотири форми конструювання: "синтезуюче", "збірне", "конкретизуюче", "комбіноване" і чотири форми планування: "метод прямої хвилі" ($P \rightarrow C \rightarrow Z \rightarrow M$), "метод зворотної хвилі" ($M \rightarrow Z \rightarrow C \rightarrow P$), "метод зустрічних хвиль" ($P \leftrightarrow M$), "метод локальних поліпшень".

Змістовний аналіз задачі формування КПП. Економічна діяльність підприємств (ЕДП) сьогодні дуже різноманітна, проте її можна класифікувати за інтересами різних категорій учасників ЕДП: власники (P), міноритарні акціонери (A), трудовий колектив (W), поставальники (D), споживачі (C), держава (S).

Сьогодні актуальні сім основних варіантів зіткнення інтересів учасників ЕДП, що підлягають узгодженню в процесі розподілу при-

бутку: підприємство - власник ($E \leftrightarrow P$), власник – держава ($P \leftrightarrow S$), підприємство - трудовий колектив ($E \leftrightarrow W$), підприємство – акціонери ($E \leftrightarrow A$), підприємство-постачальники ($E \leftrightarrow D$), підприємство - споживачі ($E \leftrightarrow C$).

Слідуючи логіці FCM, кожен з перерахованих розділів КПП будемо характеризувати:

- набором показників формується КПП і шкал їх оцінки;
- наборами заходів, що забезпечують узгодження інтересів пар ($X \leftrightarrow Y$);
- експертною оцінкою впливу заходів (або їх наборів) на показники КПП;
- набором типових ситуацій, що допускають застосування стратегій;
- гіпотезами синергетичної взаємодії стратегій.

Приклади цих характеристик для розділу ($E \leftrightarrow C$) КПП, що формується в рамках інноваційного менеджменту, наведені в таблицях 1-4 відповідно.

На основі встановленого в таблиці 1 впливу стратегій на показники КПП і додатково прийнятих умов можна сформулювати типові ситуації - найбільш характерні типи відтворення товарів підприємства (таблиця 4).

Гіпотези синергетичної взаємодії стратегій:

- 1) При збереженні якості товару витрати у споживача не змінюються;
- 2) При підвищенні якості витрати в споживача знижуються (більш високими темпами, ніж зростають витрати у виробника);
- 3) Введення нового товару на основі винаходів веде до підвищення якості та зниження собівартості товару.

Таблиця 1

Контрольний перелік заходів щодо реалізації розділу ($E \leftrightarrow C$) КПП

Універсальна лінгвістична шкала		НИЗЬКА (X-)	ПОМІРНА (X)	ВИСОКА (X+)	ДУЖЕ ВИСОКА (X++)
Інтервальні	“Прибуток”, ум. од.	0 – 10	10 – 20	20 – 30	30 – 50
Шкали	“Витрати”, ум. од.	0 – 20	20 – 40	40 - 70	70 - 100

Таблиця 2

Контрольний перелік заходів щодо реалізації розділу ($E \leftrightarrow C$) КПП

Основні види заходів	Оцінки необхідних витрат, E	Типові стратегії				
		К	Ц	С	V	P
М1. Створення нової моделі товару на основі винаходів		•		•		•
М2. Впровадження нової технології виготовлення товару	ВИСОКІ	•		•		•
М3. Ротація та підвищення професійної підготовки персоналу		•		•		•
М7. Формування чи вдосконалення системи менеджменту	НИЗЬКІ	•		•	•	•
М8. Удосконалення функцій тактичного маркетингу (реклами, системи стимулювання товару)	ПОМІРНІ					•
М11. Підвищення якості сервісу товару у споживача	ПОМІРНІ				•	

Таблиця 3

Вплив основних стратегій розділу ($E \leftrightarrow C$) на показники КПП

Умовні позначення стратегій	Мета	Характер впливу на показники ефективності КПП
К	Підвищення якості товару, що випускається.	Стратегія веде до збільшення прибутку організації, але зі значним ризиком.
Ц	Зниження ціни товару при збереженні без зміни інших стратегій.	Ця стратегія спрямована на більш серйозне завоювання ринку, реалізацію вже виготовленого товару, реалізацію вже освоєних технологій. Стратегія веде, як правило, до зменшення прибутку організації.
С	Зниження собівартості виробленого товару за рахунок освоєння нових технологій, нових методів організації виробництва і праці, менеджменту.	Стратегія веде, як правило, до збільшення прибутку організації.
V	Збільшення програми виробництва товару (обсягу продажів) для того ж ринку без зміни інших стратегій.	Стратегія веде до збільшення прибутку за рахунок використання ефекту масштабу.
P	Освоєння нового ринку збуту для старого чи нового товару.	Стратегія веде, як правило, до збільшення прибутку організації.

Типові ситуації застосування стратегій розділу ($E \leftrightarrow C$) КПП

Стратегії	Типові ситуації (TS) застосування стратегій
1) К1 Ц1 С1 V1 Р1	Просте відтворення (без інновацій)
2) К2 Ц1 С1 V1 Р1	Просте відтворення товару підвищеної якості
3) К1 Ц2 С1 V1 Р1	Просте відтворення товару за зниженою ціною для його реалізації
4) К1 Ц1 С2 V1 Р1	Просте відтворення товару за ресурсозберігаючої технології
5) К2 Ц1 С1 V2 Р2	Розширення відтворення нового товару для старих і нових ринків
6) К1 Ц2 С2 V2 Р1	Розширення відтворення старого товару, виготовленого за новою технологією
7) К1 Ц1 С1 V1 Р2	Просте відтворення старого товару для старих і нових ринків
н) К2 Ц2 С2 V2 Р2	Розширене відтворення нових товарів за новою технологією для старих і нових ринків (саме складне відтворення)

Позначення: 1 - індекс, що характеризує незмінність стратегії (старий варіант); 2 - індекс, що характеризує оновлення стратегії (новий варіант). Наприклад, підвищення К, зниження питомої Ц, зниження С, зростання V, розширення існуючого або освоєння нового Р.

Алгоритм генерації розділу ($E \rightarrow C$) КПП. Алгоритм реалізується за допомогою послідовності кроків.

Крок 1. Аналіз поточного стану підприємства.

Встановлено: $TS.1$;

Показники ефективності КПП ($E \rightarrow C$): $П, СК, З, Р$.

Крок 2. Вихідна постановка задачі:

$$ПЗ1: \begin{cases} П \rightarrow П_+^+ (\text{ДУЖЕ} - \text{ВИСОКА}) \\ \text{при } E \leq E_0 = \text{ПОМІРНИ} \\ \text{Потрібен на } \tilde{N} \text{ згенерувати варіанти КПП, що задовольняють умовам ПЗ1} \end{cases}$$

Крок 3. Зворотній хвиля: $П_+^+ \rightarrow \tilde{N}$

Згенеровано: один варіант – КПП ($M1, M2, M3$) задовольняє вимозі ПЗ1.

Крок 4. Пряма хвиля: КПП($M1, M2, M3$) $\rightarrow \tilde{N}$:

Встановлені оцінки інших показників ефективності цього варіанту КПП: CK^-, Z_+^+, P_+^+ та необхідні витрати на реалізацію $E = \text{ВИСОКА} > E_0$

Крок 5. Прийняття рішення: Варіант не задовольнив ОПР. Прийнято рішення послабити вимоги за Π і сформулювати нову постановку задачі

$$ПЗ2: \begin{cases} \Pi \rightarrow \Pi_+^+ (\text{ДУЖЕ} - \text{ВИСОКА}) \\ \text{при } E \leq E_0 = \text{ПОМІРНІ} \\ \text{Потрібен на } \tilde{N} \text{ згенерувати варіанти КПП, що задовольняють умовам ПЗ2} \end{cases}$$

Крок 6. Зворотній хвиля: $\Pi^+ \rightarrow \tilde{N}$.

Згенеровано два варіанти - КПП (М7) і КПП (М8) задовольняють вимогам ПЗ1.

Крок 7. Пряма хвиля: КПП(М7) $\rightarrow \tilde{N}$ та КПП(М8) $\rightarrow \tilde{N}$:

Встановлені оцінки інших показників ефективності та необхідні витрати цих варіантів:

КПП(М7): $CK^-, Z_+^+, P_+^+; E = \text{НИЗЬКА}$

КПП(М8): $CK, Z_+^+, P; E = \text{ПОМІРНІ}$.

Крок 8. Прийняття рішення: З отриманих варіантів ОПР вибрав КПП (М8), близький до вимог ПЗ2, тобто варіант забезпечує і високу "Прибуток" (Π^+), не призводить до погіршення "Соціального клімату на підприємстві" (CK), забезпечує помірне "Завоювання ринку" (Z_+^+) без збільшення "Ризику" (P).

Варіант КПП (М8), заснований на заході М8 обраний як кандидат для подальшого детального опрацювання на прагматичному рівні [6].

Якщо в результаті роботи алгоритму не виявлено варіанти КПП, що задовольняють умовам задачі, то розробник КПП може перегля-

нути умови задачі або сформулювати нову оригінальну стратегію, включити її в когнітивну карту і провести новий цикл генерації.

Когнітивна нечітко-логічна модель КПП. Виходячи з аналізу діяльності підприємства «Днепропластавтомат» на рисунку 1 представлена когнітивна нечітко-логічна модель корпоративної політики. Зв'язок між показниками підприємства та типовими стратегіями на рисунку визначені штрих пунктирними та суцільними лініями з ваговим коефіцієнтом кожного зв'язку (+1.0 – впливає вагомо; +0.5 – впливає; +0.0 – не впливає; - 0.5 – впливає негативно; - 1.0 – впливає вагомо).

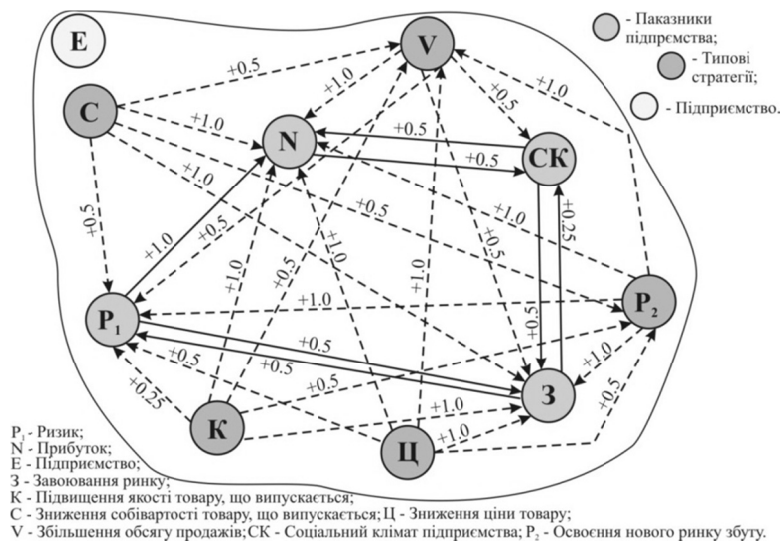


Рисунок 1 - Когнітивна нечітко-логічна модель КПП «Днепропластавтомат»

Реалізація когнітивної нечітко-логічної моделі КПП «Днепропластавтомат». Завдання полягає в тому, щоб розробити когнітивну нечітко-логічну модель соціально-економічної системи підприємства, зокрема підприємства «Днепропластавтомат».

Для реалізації системи вводу-виводу в нечіткому контролері використаний алгоритм Мамдані.

Для забезпечення спільної роботи бази правил з механізмами вводу-виводу створюється система (див. рисунок 2).

Висновки. Розроблена когнітивна нечітко-логічна модель підприємства дає загальне уявлення про роботу FCM - алгоритму генерації КПП «Днепропластавтомат». Розроблений прототип FCM, що досліджено є набагато складнішим, враховує множину ситуативних, модифікованих і класифікуючих відносин і забезпечує інтерфейс з кількісним рівнем уявлення, що дозволяє відсікати безперспективні ітерації на ранніх стадіях аналізу.

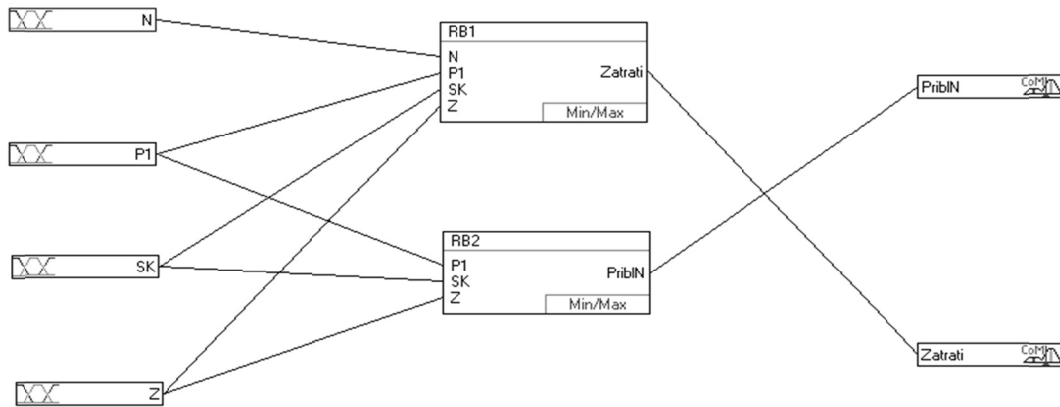


Рисунок 2 – Графічний вид редактора нечіткого проекту FDW

Розглянутий метод генерації КПП на основі нечітких когнітивних карт може бути використаний для:

- розробки промислових СППР для керівників і аналітиків підприємства;
- перепідготовки та підвищення кваліфікації працівників підприємств, що займають керуючі посади.

ЛІТЕРАТУРА

1. Axelrod R. The Structure of Decision: Cognitive Maps of Political Elites. – Princeton. University Press, 1976.
2. Kosko B. Fuzzy Cognitive Maps // Int. Journal of Man-Machines Studies. 24. 1984.
3. Олсон Д. Новый менеджмент. Управление предприятий на уровне высших стандартов: теория и практика эффективного управления. М.: Экономика, 1997.
4. Эддоус М., Стенсфилд Р. Методы принятия решений. М.: Банки и биржи. 1999.
5. Караев Р.А., Исмаилов С.Ф., Уолкоф П. Когнитивная модель генерации и принятия решений для стратегического планирования производств. Материалы IV всероссийского симпозиума “Стратегическое планирование и развитие предприятий”. Москва, ЦЭМИ РАН, 2003.
6. Михалев А.И., Новикова Е.Ю. Применение нечетких – когнитивных карт в задачах идентификации // Материалы I –ой международной конференции «Глобальные информационные системы. Проблемы и тенденции развития». – Харьков: изд.-во Харьковского национального университета радиоэлектроники, 2006. – С. 203 – 204.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЧЕТКОЙ ИГРОВОЙ МОДЕЛИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ ПРОИЗВОДСТВА

Аннотация. Рассмотрена возможность использования нечетких игровых моделей принятия решений при планировании производства. Предложена модель планирования производства на основе данных предыдущих продаж, на базе совместного применения теории игр и нечеткой математики.

Ключевые слова: планирование оптимального производства, игры с «природой», критерии принятия решений, модель нечеткого логического вывода Ванга - Менделя, нечеткая игровая модель.

Введение

Любая сфера человеческой деятельности, в особенности экономика или бизнес, связана с принятием решений в условиях неполноты информации. Источники неопределенности могут быть самые разнообразные: нестабильность экономической и/или политической ситуации, неопределенность действий партнеров по бизнесу, случайные факторы, т.е. большое число обстоятельств, учесть которые не представляется возможным (например, погодные условия, неопределенность спроса на товары, неабсолютная надежность процессов производства, неточность информации и др.). Экономические решения с учетом перечисленных и множества других неопределенных факторов принимаются в рамках теории принятия решений — аналитического подхода к выбору наилучшего действия (альтернативы) или последовательности действий [1-3].

Цель работы

Принятие и реализация решений является важнейшей функцией управления, успешное осуществление которой обеспечивает достижение предприятием его целей. Наиболее хорошо разработанной темой является построение математической модели оптимизации производственной программы. Разработано большое количество моделей различной полноты и сложности. Тем не менее, существует определенный простор и для новых исследований, особенно в области адаптации существующих моделей и методов оптимизации производственной программы к особенностям определенного типа предприятий и конк-

ретного предприятия.

В данной работе рассмотрена возможность использования нечетких игровых моделей принятия решений при планировании производства.

Изложение основного материала

В зависимости от степени определенности возможных исходов или последствий различных действий, с которыми сталкивается лицо, принимающее решение (ЛПР), в теории принятия решений рассматриваются три типа моделей:

- выбор решений в условиях определенности, если относительно каждого действия известно, что оно неизменно приводит к некоторому конкретному исходу;
- выбор решения при риске, если каждое действие приводит к одному из множества возможных частных исходов, причем каждый исход имеет вычисляемую или экспортно оцениваемую вероятность появления. Предполагается, что ЛПР эти вероятности известны или их можно определить путем экспертных оценок;
- выбор решений при неопределенности, когда то или иное действие или несколько действий имеют своим следствием множество частных исходов, но их вероятности совершенно не известны или не имеют смысла.

Проблема риска и прибыли - одна из ключевых в экономической деятельности, в частности в управлении производством и финансами. Под риском принято понимать вероятность (угрозу) потери лицом или организацией части своих ресурсов, недополучения доходов или появления дополнительных расходов в результате осуществления определенной производственной и финансовой политики [2].

Планированию оптимального объема производства должен предшествовать детальный анализ технико-экономических показателей работы предприятия, который позволит оптимизировать параметры производственного процесса.

Объем выпуска продукции зависит как от факторов внутренней среды, формируемой на предприятии, так и от факторов внешней среды. Эти факторы должны представляться в виде ограничений, которые необходимо учитывать в процессе разработки плана производства [2, 3].

Предлагаемый подход рассматривается применительно к заводу по изготовлению тротуарной плитки. Рассматриваемая модель производства тротуарной плитки построена на базе задачи оптимизации производственной программы с целевой функцией дохода и при ограничениях по оборудованию и рынку сбыта. На предприятия производится и сбывается плитка тротуарная (существует 14 базовых моделей плитки, объединенных в 4 группы, поэтому введем следующие обозначения: $i = 1, 14$ - индексация видов плитки; $j = 1, 4$ - индексация групп).

В качестве результирующего критерия функционирования принята сумма прибыли от производства продукции Π :

$$\Pi = \sum_{i=1}^{14} q_i c_i \rightarrow \max \quad (1)$$

где q_i - объем производства, c_i - стоимость одной единицы продукции.

При этом

$$q_i^H \leq q_i \leq q_i^E \quad (2)$$

где q_i^H - нижний предел объема производства по видам;

q_i^E - верхний предел объема производства по видам.

$$c_i^H \leq c_i \leq c_i^E \quad (3)$$

где c_i^H - нижняя граница рыночных цен;

c_i^E - верхняя граница рыночных цен.

$$KZg_1^{\min} < (q_1 + q_2 + q_3 + q_4 + q_5) / PMg_1 < KZg_1^{\max} \quad (4)$$

$$KZg_2^{\min} < (q_6 + q_7) / PMg_2 < KZg_2^{\max} \quad (5)$$

$$KZg_3^{\min} < (q_8 + q_9 + q_{10} + q_{11} + q_{12} + q_{13}) / PMg_3 < KZg_3^{\max} \quad (6)$$

$$KZg_4^{\min} < q_{14} / PMg_4 < KZg_4^{\max} \quad (7)$$

$$KZ_S^{\min} < \sum_{i=1}^{14} q_i / PM_S < KZ_S^{\max} \quad (8)$$

где $KZg_j^{\min}$ - минимальный коэффициент загрузки производственных мощностей по группам;

$KZgj_{\max}$ - максимальный коэффициент загрузки производственных мощностей по группам;

$PMgj$ - производственные мощности предприятия по группам.

$KZS_{\min}$ - минимальный суммарный коэффициент загрузки производственных мощностей;

$KZS_{\max}$ - максимальный суммарный коэффициент загрузки производственных мощностей;

PMS – суммарные производственные мощности предприятия.

Имеют место следующие ограничения:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^{14} \sum_{t=1}^7 q_i r_t \leq \sum_{t=1}^7 b_t \\ q_i \geq 0 \\ b_t > 0 \end{cases} \quad (9)$$

где r_i – расход материала i -го вида на производство плитки;

b_i – максимальное наличие материала на предприятии.

Решение получено методом обобщенного приведенного градиента. В случае востребованности только самого «ходового» вида плитки – предприятие в состоянии производить 69 кв.м. в день. Если на предприятии необходимо произвести плитку «кирпичик» 6 см и 4 см во всех возможных цветовых реализациях, то производственные мощности предприятия и ограниченный запас сырья позволяют производить ему пользующиеся спросом виды плитки в количестве: серой, 6 см – 43 кв.м, красной, 6 см – 2 кв.м, желтой, 6 см – 2 кв.м; серой, 4,5 см – 28 кв.м, красной, 4,5 см – 2 кв.м, желтой, 4,5 см – 5 кв.м; зеленой, 4,5 см – 7 кв.м, черной, 4,5 см – 1 кв.м, при этом прибыль будет достигать отметки - 27581,65\$.

На основании данной модели возможно определить оптимальный набор производимой продукции, опираясь на производственные мощности предприятия и имеющийся запас сырья.

В приведенной задаче одновременно учитываются несколько интересующих нас факторов, влияющих на эффективность функционирования предприятия. Критерий оптимальности является аддитивным, т.е. максимизируется доход всего предприятия в целом, а не по отдельным его продуктам в частности.

После того, как определены возможности производства, можно проводить мероприятия по планированию производства.

Нередко экономическая ситуация является уникальной, и решение в условиях неопределенности должно приниматься однократно. Это порождает необходимость развития методов моделирования принятия решений в условиях неопределенности и риска. В этом случае как инструмент, помогающий повысить эффективность плановых и управленческих решений, можно рассматривать теорию игр [2, 3].

Рассмотрим планирование производства на основе данных предыдущих продаж, используя в качестве инструментария игру с «природой». Для этого необходимы:

- данные о продажах за предыдущие периоды;
- производственные мощности предприятия;
- стоимость и цену продукции.

Человек в играх с «природой» старается действовать осмотрительно, второй игрок (природа, покупательский спрос) действует случайно.

В нашем примере даны объемы продаж за 2010 год плитки тротуарной «кирпичик», 6 см, V_{prod_i} , $i=1,12$. – среднемесячные объемы продаж (табл.1)

Таблица 1

Данные объема продаж в среднем за месяц плитки «кирпичик»,
серой, 6 см за 2010

месяц	январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь
кв.м плитки	10	5	8	15	20	35	32	40	60	63	38	12

Строим матрицу возможных доходов (выигрышей) – $\|V_{ji}\|$. Множество управленческих решений – конечное число - R_j ($j=5, 65$ – от минимального производства - 5 кв.м до максимально возможного – 69 кв.м), S_i – состояние «природы» (в данном случае объемы продаж за предыдущий период). Реализация R_j решения в условиях, когда «природа» находится в состоянии S_i , приводит к определенному результату в количественной мере.

Элемент матрицы $\|V_{ji}\|$:

$$V_{ji} = \begin{cases} V_{\text{прод}_i} \cdot Ц - V_{\text{произв}_j} \cdot С, & \text{если } V_{\text{прод}_i} \leq V_{\text{произв}_j} \\ V_{\text{произв}_j} \cdot Ц - V_{\text{прод}_i} \cdot С, & \text{если } V_{\text{прод}_i} > V_{\text{произв}_j} \end{cases} \quad (10)$$

где $V_{\text{прод}_i}$ – объем продаж за i-й месяц;

$i = 1, 12$;

$С$ – себестоимость продукции;

$Ц$ – цена реализации готовой продукции;

$V_{\text{произв}_j}$ – объем производства;

$j=5, 69$.

Величина объема производства корректируется с учетом остатков готовой продукции:

$$V_{\text{произв}_j} = \begin{cases} V_{\text{произв}_{j+1}} + (V_{\text{произв}_j} - V_{\text{прод}_i}), & \text{если } V_{\text{произв}_j} \geq V_{\text{прод}_i} \\ V_{\text{произв}_j}, & \text{если } V_{\text{прод}_i} > V_{\text{произв}_j} \end{cases} \quad (11)$$

При принятии управленческих решений о функционировании и развитии экономического объекта необходимо учитывать важную характеристику внешней среды - неопределенность. Под неопределенностью следует понимать отсутствие, неполноту, недостаточность информации об объекте, процессе, явлении или неуверенность в достоверности информации [3].

Для принятия решений в условиях неопределенности используется ряд критериев: Вальда, Лапласа, Сэвиджа, Гурвица. Критерий принятия решений – это функция, выражающая предпочтения лица принимающего решения (ЛПР) и определяющая правило, по которому выбирается приемлемый или оптимальный вариант решения [1-3].

По исходным данным было определено:

- даже без учета выбора стратегий, только за счет определения дохода, выбрана стратегия – производство 59 кв.м. плитки указанного вида в ежемесячно, тогда доход достигнет своего максимума (746, 68 грн. в среднем за месяц). Для большинства ЛПР на практике в подобных случаях решение, исходя из критерия максимизации средней ожидаемой прибыли (или минимизации ожидаемых издержек), является достаточным. Дополнительные рекомендации могут оказаться неоднозначными, зависимыми от склонности к риску ЛПР;

- согласно критерия Лапласа – наибольший ожидаемый выигрыш – рекомендовано стратегию производства 34 кв.м. данного вида плитки (доход – 661, 44 грн. в среднем за месяц);

- по критерию Вальда – «пессимистический», наилучшая из худших стратегий, критерию Сэвиджа – наименьшее значение в самой неблагоприятной ситуации и по критерию Гурвица – при склонности ЛПР к пессимизму и оптимизму в 0,5 - рекомендовано стратегию производства 5 кв.м. в среднем за каждый месяц, тогда гарантировано доход в среднем за месяц будет достигать 60 грн.

Безусловно, выбор критерия принятия решений в условиях неопределенности является наиболее сложным и ответственным этапом в исследовании операций. При этом не существует каких-либо общих советов или рекомендаций. Выбор критерия должно производить ЛПР с учетом конкретной специфики решаемой задачи и в соответствии со своими целями, а также опираясь на прошлый опыт и собственную интуицию.

Для того чтобы отобрать стратегии еще точнее, рассмотрим ту же самую задачу только с позиции риска. Неопределенность обуславливает появление ситуаций, не имеющих однозначного исхода (решения). Среди различных видов ситуаций, с которыми в процессе производства сталкиваются предприятия, особое место занимают ситуации риска [3].

Под ситуацией риска следует понимать сочетание, совокупность различных обстоятельств и условий, создающих обстановку того или иного вида деятельности. Ей сопутствуют три условия:

- наличие неопределенности;
- необходимость выбора альтернативы (отказ от выбора таковых является разновидностью альтернативы);
- возможность оценить вероятность осуществления выбираемых альтернатив.

Таким образом, если существует возможность количественно или качественно определить степень вероятности того или иного варианта, то это и будет ситуация риска.

Для того чтобы исключить ситуацию риска, руководители предприятий вынуждены принимать решения и стремиться реализовать их. Риск применительно к процессам принятия решений в условиях неопределенности и риска (в условиях дефицита информации или не-

уверенности в достоверности информации) определим как целенаправленные действия, в ходе которых имеется возможность количественно и качественно оценить вероятность достижения желаемого результата, неудачи и отклонения от цели (положительного или отрицательного свойства) [2, 3].

Строим матрицу возможных рисков (убытков) - $\|r_{ji}\|$. Матрица рисков дает более наглядную картину неопределенной ситуации, чем матрица выигрышей. Риск, таким образом, - это разность между результатом, который можно получить, если знать действительное состояние «природы», и результатом, который получен при j-стратегии.

Элемент матрицы $\|r_{ji}\|$:

$$r_{ji} = \begin{cases} (V_{\text{произв}_j} - V_{\text{прод}_i}) \cdot Ц - (V_{\text{произв}_j} - V_{\text{прод}_i}) \cdot С, & \text{если } V_{\text{произв}_j} > V_{\text{прод}_i} \\ (V_{\text{прод}_i} - V_{\text{произв}_j}) \cdot Ц - (V_{\text{прод}_i} - V_{\text{произв}_j}) \cdot С, & \text{если } V_{\text{произв}_j} \leq V_{\text{прод}_i} \end{cases} \quad (12)$$

Оценивая данную матрицу:

- только по величине минимального среднего риска – возможны убытки в 198 грн в среднем за месяц при производстве от 20 до 32 кв.м.;

- критерий Лапласа подтверждает, что при производстве от 20 до 32 кв.м. риск будет минимальным;

- критерий Вальда, Сэвиджа и Гурвица определяет оптимальным производство 34 кв.м.

Таким образом получаем совпадение на стратегии производства 34 кв.м: наибольший ожидаемый выигрыш и наименьший из наибольших рисков (убытков). Данное решение будет оптимальным, т.к. есть в наличии признаки, по которым это решение предпочтительнее других.

В случае, когда ситуация складывается не подобным образом, предлагается решить каждую из платежных матриц с помощью аппарата теории игр и получить решение.

Игры будут конечными, т.к. имеется у каждого игрока конечное число стратегий. Игра классифицируется как игра с «природой», т.к. имеется неопределенность, вызванная отсутствием информации об условиях, в которых осуществляется действие (покупательский спрос) [3].

После того как будут отобраны оптимальные стратегии (по максимуму доходности и минимуму убытку), рассматривается задача принятия решения по выбранной стратегии на основе нечеткой игровой модели. Подобные задачи рассматриваются при принятии решений об участии в инвестиционном проекте в условиях риска, в качестве моделей, отражающих риск, используются классические матричные игровые модели с поиском решения в классе смешенных стратегий, т.е. на основе вероятностного подхода [2, 3].

Используем предложенный в [4] подход для обоснования правильности выбора стратегии.

Данная стратегия может быть: 1) реализована полностью и принести некоторый доход – d_1 ; 2) может быть выбрана стратегия минимального производства, которая принесет убытки (поскольку не полностью используется потенциал предприятия) – d_2 ; 3) может выбрана стратегия максимального производства, которая принесет также убытки (поскольку не вся произведенная продукция может реализоваться полностью) – d_3 . значения дохода будем учитывать со знаком «+», потерь – со знаком «-». Числовые значения d_1 , d_2 и d_3 известны (или, по крайней мере, известны их оценки).

Поскольку проект уникален. ЛПР может выбрать одну из двух стратегий поведения: 1) принять данную стратегию; 2) не принять данную стратегию.

Необходимо выбрать стратегию поведения ЛПР, при которой его выигрыш был бы, по крайней мере неотрицательным, а наихудшем случае потери были бы равны нулю. Данная ситуация описывается матрицей выигрышей игрока А (ЛПР) матричной игры двух игроков (табл. 2).

Далее приведем матричную модель к нечеткому виду [2-4]. Экспертным путем можно определить степени принадлежности для альтернатив «природы» γ_j - степень уверенности, что природой будет выбран вариант B_j . Экспертные оценки выбираются согласно шкалы Е.Харрингтона [2] для формализации эвристической информации.

Интерпретация модели в случае выбора игроком А альтернативы A_1 отражается в этом случае набором нечетких продукционных правил:

П1: если x есть B_1 , то y есть d_1 ,

П2: если x есть B_2 , то y есть d_2 ,

ПЗ: если x есть ВЗ, то y есть d3.

Здесь переменная x отображает состояние игрока В («природы»), а y – выигрыш (потери) игрока А (ЛПР). Степень истинности предпосылки первого правила (П1) равна, очевидно, γ_1 , второго – γ_2 , и третьего – γ_3 .

Таблица 2

Матрица выигрышей ЛПР

	В1 (стратегия минимального производства)	В2 (стратегия оптимального производства)	В3 (стратегия максимального производства)
А1 (ЛПР принимает стратегию)	d1	d2	d3
А2 (ЛПР не принимает стратегию)	0*	0*	0*

* - ЛПР ничего не теряет и не приобретает

При этом набор приведенных нечетких правил вместе с принятыми условиями образуют модель нечеткого логического вывода Ванга—Менделя [4], согласно которой четкое значение переменной вывода (в рассматриваемом случае – значение выигрыша Q_1) определяется по формуле:

$$Q_j = \frac{\sum_{j=1}^3 a_j \cdot \gamma_j}{\sum_{j=1}^3 \gamma_j} \quad (13)$$

При выборе игроком А стратегии А2, очевидно, выигрыши (потери) ЛПР равны нулю $Q_2 = 0$.

Вопрос о выборе стратегии решается теперь проверкой неравенства: $Q_1 > Q_2$ или $Q_1 > 0$. Если это неравенство выполняется, то в проекте следует участвовать, если не выполняется – отказаться.

В нашем случае доходы и убытки, а также степени уверенности для альтернатив «природы» заданы в таблице 3 (сумма альтернатив не обязательно равна 1).

Исходные данные для определения принятия стратегии

	В1 (стратегия минимального производства – производство 5 кв.м.)	В2 (стратегия оптимального производства – производство 34 кв.м)	В3 (стратегия максимального производства – производство 69 кв.м)
А1 (ЛПР принимает стратегию)	Убытки - 278 грн в среднем за месяц	Доход – 661,4 грн. в среднем за месяц	Убытки – 490 грн. в среднем за месяц
А2 (ЛПР не принимает стратегию)	0	0	0
степени уверенности для альтернатив «природы»	0,2	0,5	0,1

При этом $Q_1 = \frac{-278 \cdot 0,2 + 661,4 \cdot 0,5 - 490 \cdot 0,1}{0,2 + 0,5 + 0,1} = 282,6$ грн. – зна-

чение не отрицательное, значит, стратегию можно принимать. 282,6 грн.– величина, знак которой определяет выбор той или иной альтернативы.

Данное решение было принято только относительно одного вида продукции. На основании предложенной модели следует рассмотреть все отобранные стратегии на вопрос обоснования. Данную схему следует применить в разрезе каждого вида производимой продукции. После этого произвести оптимизационные действия по выпуску продукции всех видов.

Выводы

Планирование производства на основе данных предыдущих продаж, с помощью совместного применения теории игр и нечеткой математики позволяет выбирать стратегию развития предприятия. Совместное применение теории игр и нечеткой математики обусловлено, во-первых, условиями неопределенности, во-вторых, отказом от вероятностного подхода, применяемого в теории игр. Подход реализован на данных конкретного предприятия, предложенная модель позволя-

ет выполнять расчеты с применением современных информационных технологий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Орлов А.И. Теория принятия решений. Учебное пособие. - М.: Издательство "Март", 2004. - 656 с.
2. Рогальский Ф.Б., Цокуренок А.А., Курилович Я.Е. Математические методы анализа экономических систем. В 2 томах. – К.: Нукова думка, 2001. – т.1.- 435 с.; т.2 – 423 с.
3. Бережная Е.В., Бережной В.И. Математические методы моделирования экономических систем.- М.: «Финансы и статистика», 2006. – 430 с.
4. Круглов В.В. Принятие решений в условиях риска с использованием нечеткой игровой модели //Менеджмент в России и за рубежом.- 2006. - №5.- с – 52-54.

СИСТЕМА КРИТЕРІЇВ В ІНДУКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЯХ КОМПЛЕКСНИХ ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Анотація. В роботі розглянуто питання застосування системи критеріїв оцінки й вибору оптимальних рішень у проектах системних інформаційно-аналітичних досліджень, які виконуються за сучасними індуктивними технологіями. Сконструйовані критерії в індуктивних технологіях таких досліджень мають властивості зовнішнього доповнення. З метою забезпечення цілісності ансамблю критеріїв у статті запропонований принципово новий критерій балансу інформаційних базисів.

Ключові слова: аналітичне дослідження, індуктивне моделювання, критерій, релевантність, корелевантність, інформаційний базис, баланс.

Вступ

Не варто, напевно, повторювати механістичний погляд на світ мудреців і філософів XVIII століття, коли відбувався бурхливий розвиток механіки й коли була дуже популярною думка, що абсолютно всі результати досліджень в матеріальному і навіть у нематеріальному (у нинішніх термінах – інформаційному) світі можна описати законами механіки. Потім це назвали “механістичним”, дещо спрощеним уявленням про певне явище, процес чи проблему. Звичайно, наївний для нашого часу погляд, але багато великих філософів і видатних учених із сфери точних наук того часу [1] були впевнені саме в такій парадигмі.

Варто, напевно, підтримати ту думку, що в сучасних багатопрофільних проектах системних інформаційно-аналітичних досліджень (СІАД) з численними евристичними й елементами нечислової логіки тощо, не слід намагатися повністю формалізувати процедури й технології їх виконання до рівня строгих у математичному сенсі алгоритмів. Але, з іншого боку, при виконанні СІАД комплексних проблем сучасному менеджеру проекту необхідно розуміти напрямок і спрямовувати дії аналітичних груп до досягнення оптимального результату в найкоротші терміни і з оптимальними затратами. А це, звісно, вимагає максимальної об’єктивізації технологій виконання таких досліджень і, значить, де це доцільно й необхідно – формалізації процедур і формулювання чітких та зрозумілих критеріїв оцінювання

результатів. Саме питанням критеріального забезпечення системно-аналітичних досліджень буде приділена увага в цій роботі.

Постановка завдання й мета роботи

Індуктивні системні інформаційно-аналітичні дослідження мають певні принципи відмінності від традиційних досліджень даного напрямку. Однією з них є та, що початковий інформаційний базис з вирішення поставої проблеми зазвичай є суттєво обмеженим і на питання, яка інформація ще може знадобитися для одержання оптимального рішення, на початку дослідження відповіді немає. Тому в технологіях індуктивних СІАД вирішальну роль відіграють доцільно сформульовані критерії селекції одержуваних проміжних результатів та вибору остаточного рішення, а також критерії, які б спрямовували та зближували інформаційні запити аналітичних груп у напрямку досягнення оптимального інформаційного наповнення майбутнього результату.

Мета роботи полягає в конструюванні інформаційного критерію для вибору цілеспрямованих і збалансованих постачань аналітичних груп ефективними порціями інформації й представленні усіх критеріїв, а саме критерія релевантності, критерія корелевантності та критерія балансу інформаційних базисів у системній єдності в індуктивних технологіях СІАД.

Методи досліджень

У роботі використані основні положення індуктивних системних інформаційно-аналітичних досліджень [2], фундаментальні принципи індуктивного моделювання складних систем [3], [4], елементи нечислової статистики [5], а також теорії експертного оцінювання в проєктах аналітичних досліджень [6], [7]. При застосуванні деяких термінів використано також відповідні розділи функціонального аналізу та теорії регуляризації рішень некоректно поставлених завдань [8].

Результати й обговорення

Поняття загального результату індуктивної технології СІАД. Згідно означення [2], під результатом $R^*(I_b^*)$ в СІАД слід мати на увазі спеціальний документ $D\{R^*(I_b^*)\}$, у якому відображені результати системного аналізу певного процесу чи проблеми, який базується на синтезованому в процесі дослідження оптимальному інформаційному

базисі I_b^* , відповідає заданим вимогам, має інформаційно-рекомендуючий характер і має певний офіційний статус та категорію доступу. Зауважимо, що $D\{R^*(I_b^*)\}$ має приблизно той же зміст, що й $R^*(I_b^*)$ з тією тільки різницею, що $D\{R^*(I_b^*)\}$ означає готовий оформлений згідно вимог документ, а $R^*(I_b^*)$ – може носити ще форму певного інформаційного “чорновика” кінцевого документу $D\{R^*(I_b^*)\}$.

Спеціальні об’єкти й елементи індуктивних технологій СІАД. На відміну від традиційних технологій аналітичних досліджень, в індуктивних технологіях СІАД, повинні працювати паралельно дві групи аналітиків різних профілів, що є необхідною умовою застосування фундаментальних принципів індуктивного моделювання складних систем до них. Тому в індуктивних технологіях СІАД необхідно було ввести деякі спеціальні принципово нові об’єкти й терміни. Коротко нагадаємо їх, скориставшись роботою [2]. По-перше, це поняття еталонного результату, який відображає толерантності (висновки) членів експертної комісії (ЕК) [5] і формалізовані у вигляді прямокутної матриці $E=(e_{ij})$, розмірністю $n \times m$, i -й рядок якої, $i = 1, 2, \dots, m$, відображає один із головних видів вимог (наприклад, розділів) до кінцевого результату дослідження с позицій ЕК, а j -й стовпчик, $j = 1, 2, \dots, n$ – можливі градації (наприклад, параграфи в розділах) формалізованих оцінок i -го елемента. Така матриця повинна відповідати еталонному результату $R^0(I_b^0)$. $W(R_k(I_b^s))$ – формалізована матриця певного часткового результату $R_k(I_b^s)$, який відповідає поточному інформаційному базису I_b^s на s -му кроці дослідження. Елементи матриць $E=(e_{ij})$ і $W(R_k(I_b^s))$ можуть оцінюватися багатьма способами. У [6] для такої процедури запропонований алгоритм із застосуванням медіани Кемені [7]. Далі нам знадобляться такі елементи індуктивних технологій СІАД, як зокрема: I_b^1 – заданий первинний інформаційний базис; I_b^+ – певна цільова “порція” моніторингової інформації, яка повинна доповнювати ансамбль I_b^s з метою наближення результату $R_k(I_b^s)$ до еталонного $R^0(I_b^0)$ з інформаційним базисом I_b^0 , а також матриці Δ_{rel}^2 і Δ_{corel}^2 , елементи δ_{ij}^2 яких дорівнюють квадратам різниць

елементів пар матриць $W(R_k(I_b^s))$ і $E(R^0(I_b^0))$ та $W(R_k(I_b^s))^A$ і $W(R_k(I_b^s))^B$ відповідно, причому усі перелічені матриці мають розмірності $n \times m$.

Критерії індуктивних СІАД із властивостями зовнішнього доповнення. У [2] були запропоновані й розглянуті два системних критерії в індуктивних СІАД, а саме – критерій релевантності й критерій корелевантності. Тут буде введений третій новий критерій, який логічно будемо називати критерієм балансу інформаційних базисів. Принципи дії цих критеріїв такі.

Критерій релевантності.

В індуктивних системно-аналітичних дослідженнях поняття релевантності має принципові відмінності від загально відомого поняття, яке використовується в інформаційно-пошукових системах. Ця відмінність полягає в тому, що в СІАД необхідно оцінювати не подібність результату аналітичного дослідження запиту, наприклад, за ключовими словами, а відповідність результату СІАД поставленим вимогам. Більше того й що важливіше, релевантність в індуктивних СІАД – це певна міра адекватності результату системного аналізу виниклої проблеми або ступінь відповідності реальності результатів аналізу явища, проблеми си складного системи взагалі.

Отже, системну релевантність в індуктивному системно-аналітичному дослідженні можна виразити через певну міру:

$$SR_{rel} = \|W(R_k(I_b^j))^{(A,B)} - E(R^0(I_b^0))\|. \quad (1)$$

Критерієм системної релевантності називається вираз [2]:

$$CR_{rel} = \left(\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (\delta_{ij}^2)_{WE} \right)^{\frac{1}{2}}. \quad (2)$$

де δ_{ij}^2 – елементи матриці Δ_{rel}^2 .

Критерій корелевантності.

Поняття корелевантності – принципово нове для інформаційних технологій аналітичних досліджень і було взагалі вперше запропоновано в [2] спеціально для індуктивних технологій виконання таких досліджень. Це пов'язано з необхідністю порівняння часткових результатів, отриманих незалежно двома аналітичними групами А і В

на всіх кроках індуктивної процедури за формалізованими матрицями $W(R_k(I_b^s))^A$ і $W(R_k(I_b^s))^B$ відповідно. Корелевантність – це міра співпадіння згаданих результатів і може бути формально виписана, як:

$$SCR_{corel} = \|W(R_k(I_b^j))^A - W(R_k(I_b^j))^B\|. \quad (3)$$

Відповідно критерій корелевантності має вигляд:

$$CR_{corel} = \left(\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (\delta_{ij}^2)_{WW} \right)^{\frac{1}{2}}, \quad (4)$$

де $(\delta_{ij}^2)_{WW}$ – елементи матриці Λ_{corel}^2 .

Критерій балансу інформаційних базисів.

Цей критерій відповідає за моніторингову інформативну складову в індуктивних технологіях і призначений для відбору на кожному кроці індуктивної процедури тільки такої за формою та змістом інформації I_{bs}^+ , запити на яку співпадали б від обох аналітичних груп і цілеспрямовано наближували б поточний інформаційний базис до оптимального I_b^* . Багатозначність у запитах не допускається. Принцип дії критерія балансу інформаційних базисів $CR_{inf}(I_b)$ такий.

На кожному кроці дослідження він порівнює інформаційні запити (на практиці це можуть бути просто пронумеровані переліки запитань аналітиків у спеціальній уніфікованій формі-анкеті) від кожної з груп А і В. Для одного кроку досліджень:

$$CR_{inf}(I_b) = \sum_{k=1}^K \delta_{sk}, \quad s = 1, \dots, S \quad (5)$$

$$de: \quad \delta_{sk} = \begin{cases} 0, & \text{якщо } I_b^{sk(A)} = I_b^{sk(B)} \\ 1, & \text{якщо } I_b^{sk(A)} \neq I_b^{sk(B)} \end{cases},$$

K – кількість допустимих запитань в запитах на s -му кроці дослідження і, таким чином, на s -му кроці аналітичним групам модератором (керівником робочої групи) проекту надається такий блок (“порція”) I_b^{s+} додаткової інформації, яка мінімізує критерій (6):

$$I_b^{s+} = \arg \min_{I_b^s \in \mathfrak{I}_b} CR_{inf}\{I_b^{sA}, I_b^{sB}\}, \quad (6)$$

де $\mathfrak{J}_b$ – сукупність всіх інформаційних запитів від обох груп на s -му кроці. Для всього циклу аналітичного проекту:

$$CR_{inf}(I_b) = \sum_{s=1}^S \sum_{k=1}^K \delta_{sk} \rightarrow \min \quad (7)$$

На рис. 1 схематично показано принцип дії критерія (7) по кроках індуктивної технологічної процедури системно-аналітичного дослідження.

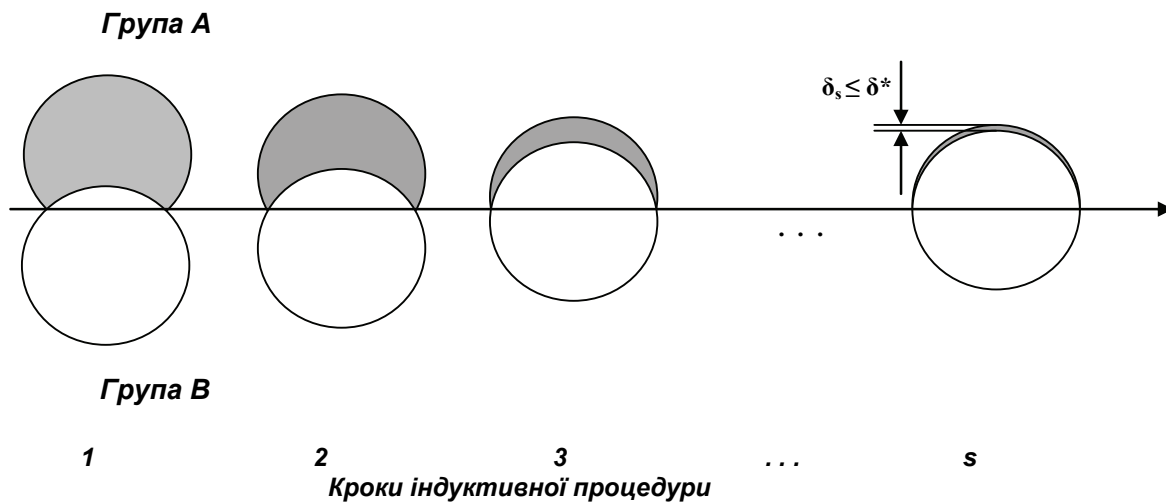


Рисунок 1 – Принцип дії критерія балансу інформаційних базисів: на кожному кроці проекту розбіжності у запитах аналітичних груп А і В повинні зменшуватися.

Зазначимо, що всі три критерії мають властивості зовнішнього доповнення [4], [5]. Зокрема, для критерія (2) зовнішнім доповненням слугує еталонна матриця цільового результату, у критерії (4) – зовнішніми доповненнями є формалізовані результати груп А і В, тобто результат В – є зовнішнім доповненням до результату А і навпаки. Те ж можна сказати й про критерій балансу інформаційних базисів (7).

Практичне застосування критеріїв (2), (4), (7). На практиці для критеріїв релевантності й корелевантності задаються певні пороги, тобто вони можуть набувати видів:

$$CR_{rel} \leq \delta_{\alpha} \text{ і } CR_{corel} \leq \delta_{\beta}. \quad (8)$$

Поріг δ_{α} може задаватися, виходячи із конкретних умов проблеми, яка підлягає системно-аналітичному дослідженню, причому в процесі дослідження він може вибиратися, наприклад, із множини заданих значень: $\delta_{\alpha} \in \{75, 33, 12, 5, 1\}\%$. Поріг δ_{β} також може задава-

тися, виходячи із конкретних умов вирішуваного завдання і також в процесі виконання СІАД він може вибиратися із наперед заданої послідовності, яка може не співпадати з попередньою для δ_α . Наприклад, $\delta_\beta \in \{50, 25, 15, 10, 5\}\%$.

Для критерія (7) також може задаватися певний поріг δ^* з метою обмеження кількості кроків індуктивної процедури СІАД. Цей критерій відіграє дуже важливу роль у процесі моніторингу якості виконання проекту і практичного оцінювання швидкості збіжності ітераційної індуктивної процедури дослідження. Зокрема, якщо від кроку до кроку його значення змінюється дуже повільно, то модератору проекту варто ще раз проаналізувати рівень компетентності відібраних аналітичних груп стосовно вирішення поставленої проблеми і, якщо ще дозволяють лімітуючі ресурси проекту (час, матеріальні й фінансові ресурси тощо), прийняти відповідні заходи, можливо аж до повної заміни членів цих груп.

Загальне формулювання завдання індуктивної технології СІАД. Сформулюємо тепер задачу індуктивної процедури СІАД з позицій його системно-критеріального забезпечення. На основі заданого первинного інформаційного базису I_b^1 й одержаної в процесі дослідження додаткової цільової інформації $\{I_{bs}^+\}$ за критерієм балансу інформаційних базисів $CR_{inf}(I_b)$ необхідно синтезувати певну множину $\mathfrak{R}$ результатів $R(I_b) \in \mathfrak{R}$ з метою знаходження оптимального результату за мінімумами критеріїв $CR_{rel}(\cdot)$ і $CR_{corel}(\cdot)$. Оптимальним результатом $R^*(I_b^*)$ СІАД будемо називати такий, для якого:

$$R^*(I_b^*) = \begin{cases} \arg \min_{R(I_b) \in \mathfrak{R}} CR_{rel}\{W(R_k(I_b^s))^{(A,B)}, E(R^0(I_b^0))\} \\ \arg \min_{R(I_b) \in \mathfrak{R}} CR_{corel}\{W(R_k(I_b^s))^A, W(R_k(I_b^s))^B\} \end{cases} \quad (9)$$

$$k = 1, \dots, K; s = 1, \dots, S$$

при

$$CR_{inf}(I_b) \rightarrow \min \quad (10)$$

Можливі різні комбінації послідовностей застосування розглянутих критеріїв у залежності від складності й конкретних умов проблематики дослідження. Одним із сильних варіантів можна розглядати

таку послідовність: $CR_{rel}(\cdot) \rightarrow CR_{corel}(\cdot) \rightarrow CR_{inf}(\cdot)$. Така схема послідовності дає змогу спочатку перевірити “точність” синтезованих аналітичними групами результатів, оцінити взаємну узгодженість таких результатів між обома їх множинами (А і В) і потім надати аналітичним групам додаткову й узгоджену порцію інформації, яка може максимально понизити рівні критеріїв корелевантності й релевантності. Така послідовність також є найкращою з позицій регуляризації вирішення проблеми, як у загальному некоректного завдання.

Висновки

У статті розглянуто застосування критеріїв індуктивних технологій складних інформаційно-аналітичних досліджень з системних позицій і показана їх єдність і взаємна доповнюваність. Це принципово нові критерії релевантності, корелевантності й балансу інформаційних базисів, які, як показано, мають властивості зовнішнього доповнення в термінах теорії індуктивного моделювання. Саме застосування системи критеріїв у певній послідовності в таких технологіях дає можливість не тільки досягати оптимального результату досліджень, але й контролювати якість виконання дослідницького проекту, зокрема за швидкістю зменшення третього із названих критеріїв. Наведені деякі рекомендації стосовно практичного застосування описаної системи критеріїв.

Представлена система зовнішніх критеріїв дозволила сформулювати загальне завдання індуктивної технології виконання СІАД з позицій мінімізації критеріїв у системному їх застосуванні за певною схемою, що повинно забезпечувати ефективне знаходження оптимального результату дослідження й створення відповідного документу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Гейзенберг В. Физика и философия. Часть и целое / В. Гейзенберг — М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1989. — 400 с.
2. Osypenko V.V. The Main Trends in Modern Inductive Information Technologies of System-Analytical Researches / V.V. Osypenko // Proceedings of 4-th International Workshop on Inductive Modeling (IWIM-2011), July 4–10, Kyiv, 2011. — Pp. 63—71.
3. Ивахненко А.Г. Индуктивный метод самоорганизации моделей сложных систем / А.Г. Ивахненко. — К.: Наукова думка, — 1982. — 296 с.

4. Ивахненко А.Г. Помехоустойчивость моделирования // А.Г. Ивахненко, В.С. Степашко. — К.: Наукова думка. — 1985. — 216 с.
5. Орлов А.И. Нечисловая статистика / А.И. Орлов. — М.: МЗ-Пресс, 2004. — 513 с.
6. Осипенко В.В. Синтез експертної матриці за метрикою Кемені в індуктивних технологіях інформаційно-аналітичних досліджень / В.В. Осипенко // Вісник НУБіП. Серія “Техніка і енергетика АПК”. — 2011. — №166 (3). — С. 119—127.
7. Кемени Дж., Снелл Дж. Кибернетическое моделирование: Некоторые приложения // Дж. Кемени, Дж. Снелл. — М.: Советское радио, 1972. — 192 с.
8. Тихонов А.Н. Методы решения некорректных задач // А.Н. Тихонов, В.Я. Арсенин. — М.: Наука, — 1979. — 288 с.

В.И. Передерий, С.А. Бабичев, В.И. Литвиненко

ПРИМЕНЕНИЕ АЛГОРИТМА КЛОНАЛЬНОГО ОТБОРА ДЛЯ ПРИНЯТИЯ РЕЛЕВАНТНЫХ РЕШЕНИЙ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯМИ С УЧЕТОМ ЛИЧНОСТНЫХ И ВНЕШНИХ ФАКТОРОВ

Аннотация. Разработаны алгоритмы формализации взаимосвязи внешних факторов и психофункциональных характеристик пользователей на основе теории нечетких множеств и алгоритма клонального отбора для оптимизации релевантности принимаемых решений. Приведены результаты численных экспериментов.

Ключевые слова: Лицо принимающее решение, психофункциональные характеристики пользователей, релевантность принимаемых решений, гибридная система, нечеткая логика, алгоритм клонального отбора

Введение.

Современные автоматизированные системы характеризуются наличием сложного объекта управления с распределенными параметрами, неоднородных и интенсивных информационных потоков, поступающих к пользователю в режиме реального времени. Работа пользователя системы при управлении технологическими объектами является напряженной, а последствия ошибок приводят к значительному материальному ущербу, человеческим жертвам и т. д. [1] Вследствие этого актуальной является разработка на начальной стадии проектирования моделей и алгоритмов, позволяющих повысить как безопасность функционирования автоматизированных систем так и принятия релевантных решений при управлении сложными технологическими объектами.

Постановка проблемы

Анализ работ [1,2] показывает, что наиболее вероятной причиной неработоспособности автоматизированной системы является человеческий фактор. В процессе функционирования системы адекватность действий пользователя может существенно изменяться вследствие воздействия на него внешних и внутренних факторов. Мерой адекватности действий пользователя может служить релевантность принимаемых им решений.

В литературе [1–4] подробно рассмотрены вопросы определения

комфортной рабочей среды пользователя системы но до настоящего времени мало внимания уделялось разработке алгоритмов, позволяющих оценить релевантность принимаемых решений с учетом влияния внешних и личностных факторов на процесс безопасности работы автоматизированных систем.

Цель работы. Разработка математических моделей на основе иммунных алгоритмов для оценки релевантности принимаемых пользователем решений с учетом его личностных и внешних факторов, влияющих на работу автоматизированной системы управления.

Изложение основного материала

При разработке математических моделей влияния факторов состояния среды и характеристик пользователя на релевантность принимаемых решений в автоматизированных системах управления необходимо учитывать следующие особенности [2]: зависимость характеристик состояния от процессов физиологической и психологической природы; невозможность полного контролирования физических и психических процессов, происходящих в организме пользователя; зависимость состояния пользователя от длительности и условий его работы; разброс характеристик начального состояния вследствие влияния социального окружения.

В работах [1, 2] авторами показано, что всю совокупность влияющих факторов можно разделить на две группы:

1) факторы, связанные с влиянием окружающей среды пользователя;

2) факторы, связанные с текущим состоянием пользователя.

К первой группе относятся: а) интенсивность шума IN ; б) интенсивность вибраций IV ; в) освещенность рабочего места E ; г) температура T ; д) влажность φ ; е) давление P ;

В состав группы факторов, связанных с текущим состоянием пользователя входят: а) ограниченная информационная пропускная способность I_o ; б) степень усталости пользователя F ; г) ограниченность времени принятия решения Tr ; д) несоответствие степени напряженности TS ; е) недостаточная концентрированность внимания A .

Первая группа факторов определяет уровень состояния среды Sc , вторая группа факторов определяет уровень состояния человека Sp . Очевидно, что обе группы факторов определяют релевантность при-

нимаемого решения Rp. Граф, иллюстрирующий взаимосвязь вышеописанных характеристик представлен на рисунке 1.

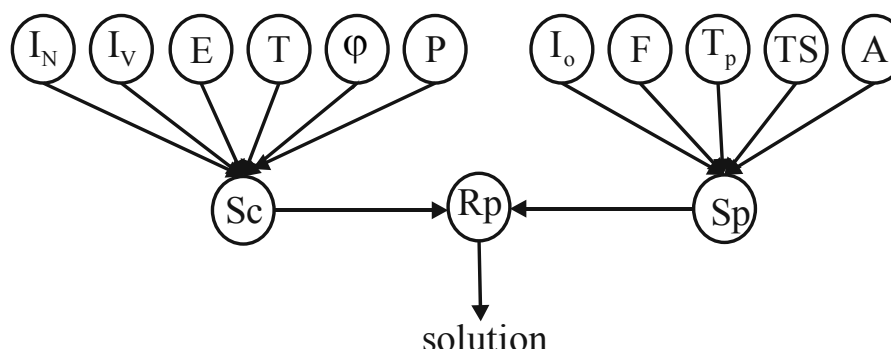


Рисунок 1 – Граф взаимосвязи влияющих факторов и релевантности принимаемого решения

Анализ характера влияющих факторов и выходных параметров системы позволяет сделать вывод, что невозможно однозначно утверждать, что при заданном наборе входных характеристик элемент можно отнести к тому или иному классу, можно указать лишь степень принадлежности элемента. Для решения задач такого типа целесообразно использование теории нечетких множеств, которая позволяет учесть степень принадлежности классу того или иного элемента [5,6].

Системы нечеткого логического вывода преобразуют значения входных переменных в выходные переменные на основе использования нечетких правил. Для формирования базы правил необходимо:

определить множество входных переменных: $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$;

определить множество выходных переменных: $D = \{d_1, d_2, \dots, d_m\}$;

сформировать базовое терм-множество с соответствующими функциями принадлежности каждого терма: $T = \{t_1, t_2, \dots, t_i\}$;

сформировать конечное множество нечетких правил, согласованных относительно используемых в них переменных:

$$\bigcup_{k=1}^m \left[\bigcap_{i=1}^n (x_i = t_i^k), \text{ при } \omega_k \right] \rightarrow D = d_k, \quad (1)$$

где $k = \overline{1, m}$ – количество логических высказываний, $i = \overline{1, n}$ – число используемых термов.

Начальным этапом построения нечеткой модели является фаззификация, цель которой – установление соответствия между численным значением входной переменной системы нечеткого вывода и значением функции принадлежности. Для этого функции принадлежност-

ти, определённые на входных переменных, применяются к их фактическим значениям, т.е. определяются $\mu^{t_i^k}(x_i)$ – функции принадлежности переменной x_i для термов t_i^k . Этап фаззификации считается законченным, когда будут найдены все значения $b_i = \mu(t_i)$ для всех правил, входящих в рассматриваемую базу правил системы нечеткого логического вывода.

Агрегирование представляет собой процедуру определения степени истинности условий по каждому из правил системы нечеткого вывода. Находятся уровни «отсечения» для предпосылок каждого из правил с использованием операции $\min$:

$$\alpha_k = \bigwedge_{i=1}^n [\mu^{a_i^k}(x_i)] \rightarrow \min \quad (2)$$

Активизация представляет собой процесс нахождения степени истинности каждого из подзаключений правил нечеткого вывода, т.е. определение усеченных функций принадлежности нечетких множеств:

$$\mu'_k = (\alpha_k \wedge \mu_k(D)), \quad (3)$$

где $\mu(D)$ – усеченные функции принадлежности для входных переменных, $\mu'(D)$ – усеченные функции принадлежности для нечетких правил.

Аккумуляцией является процесс нахождения функции принадлежности итогового нечеткого подмножества для переменной выхода:

$$\mu_\Sigma(D) = \bigvee_{k=1}^m [\mu'_k(D)]. \quad (4)$$

Этап аккумуляции считается законченным, когда для каждой из выходных лингвистических переменных будут определены итоговые функции принадлежности нечетких множеств.

Дефаззификация – процесс нахождения четкого значения для каждой из выходных лингвистических переменных. Цель дефаззификации заключается в том, чтобы, используя результаты аккумуляции всех выходных лингвистических переменных, получить количественное значение каждой из выходных переменных, которое в дальней-

шем используется системой для принятия соответствующего решения.

Факторы, определяющие состояние окружающей среды формализуем в виде лингвистических переменных, для которых универсальные множества и соответствующие терм-множества представлены в таблице 1.

Таблица 1

Формализация факторов состояния окружающей среды в лингвистические переменные

Первичный фактор	Границы изменения	Термы лингвистической оценки
IN (дБА)	0–80	0–10 – «ОН»(очень низкий), 11–20 – «Н»(низкий), 21–30 – «С»(средний), 31–45 – «В»(высокий), 45–80 – «ОВ»(очень высокий)
IV (см/с)	0–1,6	0–0,4 – «Н»(низкий), 0,5–1 – «С»(средний), 1,1–1,6 «В»(высокий)
Е (Лк)	0–600	0–200 – «Н»(низкий), 201–400 – «С»(средний), 401–600 – «В»(высокий)
Т (°С)	10–30	10–17 – «НК»(некомфортная), 18–22 – «К»(комфортная), 23–30 – «НК»(некомфортная)
φ (%)	0–60	0–30 – «Н»(низкая), 31–60 – «О»(оптимальная)
$\frac{\Delta P}{\Delta t}$ (мм.рт.ст/сут)	0–10	0–1 – «К»(комфортное), 2–4 – «У»(удовлетворительное), 5–10 – «НК»(некомфортное)

Формализация факторов текущего состояния потребителя в виде лингвистических переменных и термов представлена в таблице 2. Учитывая сложность в выборе единицы измерения той или иной личностной характеристики предложено использовать ранговую шкалу, каждый диапазон которой соответствует степени проявления того или иного фактора.

Формализация вторичных факторов в виде лингвистических переменных и термов представлена в таблице 3. Использовалась ранго-

вая шкала, каждый диапазон которой соответствовал определённому терму лингвистической оценки.

Таблица 2

Формализация факторов текущего состояния потребителя в лингвистические переменные

Первичный фактор	Границы изменения	Термы лингвистической оценки
Io (ранг)	0–3	0-1 – «Н»(низкая), 1-2 – «С»(средняя), 2–3 – «В» (высокая)
F (ранг)	0–3	0-1 – «Н»(низкая), 1-2 – «С»(средняя), 2–3 – «В» (высокая)
Tr (мин)	0–60	0–5 – «В»(высокая), 5-30 – «С»(средняя), 30–60 – «Н»(низкая)
TS (ранг)	0–3	0-1 – «Н»(низкая), 1-2 – «С»(средняя), 2–3 – «В» (высокая)
A (ранг)	0–3	0-1 – «Н»(низкая), 1-2 – «С»(средняя), 2–3 – «В» (высокая)

Таблица 3

Формализация вторичных факторов в лингвистические переменные

Вторичный фактор	Границы изменения	Термы лингвистической оценки
Sc (ранг)	0–19	0–3 – «ОР»(очень плохое), 4-7 – «Р»(плохое), 8-11 – «С»(среднее), 12–15 – «СН»(хорошее), 16-19 – «ОТ»(отличное)
Sp(ранг)	0–19	0–3 – «ОР»(очень плохое), 4-7 – «Р»(плохое), 8-11 – «С»(среднее), 12–15 – «СН»(хорошее), 16-19 – «ОТ»(отличное)

Для оценки релевантности пользователя системы была введена ранговая шкала: «ОН»(очень низкая, $0 < R_p \leq 3$), «Н»(низкая, $3 < R_p \leq 6$), «С»(средняя, $6 < R_p \leq 9$), «В»(высокая, $9 < R_p \leq 12$), «ОВ»(очень высокая, $12 < R_p \leq 15$).

Решение поставленной задачи сводится к нахождению максимума целевой функции:

$$R_p = F(Sc^+, Sp^+) \rightarrow \max \quad (5)$$

Уровень состояния окружающей среды и текущего состояния потребителей в свою очередь также выражаются через первичные факторы в соответствии с данными таблиц 1 и 2:

$$S_c = f_1 \left(I_N^-, I_V^-, E^+, T^{+-}, \varphi^+, \left(\frac{\Delta P}{\Delta t} \right)^- \right) \quad (6)$$

$$S_p = f_2(I_0^+, F^-, T_p^-, TS^-, A^+) \quad (7)$$

Подставив (2) и (3) в (1) получаем выражение для целевой функции автоматизированной системы поддержки принятия решений:

$$R_p = F \left[f_1 \left(I_N^-, I_V^-, E^+, T^{+-}, \varphi^+, \left(\frac{\Delta P}{\Delta t} \right)^- \right)^+, f_2(I_0^+, F^-, T_p^-, TS^-, A^+)^+ \right] \rightarrow \max \quad (8)$$

Для выбора вида функций принадлежности нечетких множеств и оптимизации количества используемых нечетких правил, составляющих основу базы знаний автоматизированной системы управления, используем иммунные алгоритмы. Иммунные алгоритмы представляют собой вычислительные процедуры, применяемые для моделирования различных иммунных механизмов и теорий, которые служат строительным материалом при создании ИИС. На данный момент можно выделить, по крайней мере, четыре основные модели таких механизмов: модели костного мозга, модели тимуса (вилочковой железы), алгоритмы клональной селекции и модели иммунных сетей. Первые две основаны на моделировании компонентов (органов) иммунной системы, вторые две воспроизводят процессы, происходящие в иммунной системе согласно существующим на сегодняшний день теориям. Модели костного мозга и тимуса не рассматриваются в рамках данной работы. В данной работе описываются результаты применения алгоритма клонального отбора для решения задач нечеткой оптимизации. Основные подходы для решения данного класса задач описаны авторами в работах [7-9].

Решение задач оптимизации с помощью искусственных иммунных систем

Цель решения подобного рода задач состоит в нахождении оптимальных значений (минимумов или максимумов) некоторого крите-

рия $y = f(x_1, x_2, \dots, x_l)$, $x_i \in X$, $i = \overline{1, l}$, где X – допустимое множество задачи. В общем случае рассматриваются задачи многокритериальной оптимизации:

$$y = (y_1, y_2, \dots, y_n) \rightarrow \min(\max), \quad (9)$$

где $y_j = f_j(x_1, x_2, \dots, x_l)$, $j = \overline{1, n}$, n – количество критериев задачи. В зависимости от условий задачи возможно отыскание глобального или локальных оптимумов.

В задачах оптимизации обобщенная форма антител представляет собой вектор аргументов $Ab = (x_1, x_2, \dots, x_l)$, а в качестве антигенов используются сами критерии y_j , выраженные в виде функций: $Ag = f(x_1, x_2, \dots, x_l)$. Значения аффинности g_j вычисляются на основании значений критериев y_j , отображенных во множество неотрицательных чисел, т.е.:

$$f : X \rightarrow \mathbb{R}, \quad F : \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}^+. \quad (10)$$

Таким образом, имеет место некоторая функция аффинности $g = F(f(x_1, x_2, \dots, x_n))$, которая определяет степень соответствия индивидуумов друг другу. В таких задачах мы не можем оперировать понятием расстояния, так как оптимальные значения критериев нам заранее не известны, и, следовательно, не известна максимально возможная степень соответствия индивидуумов. Поэтому управление динамикой ИИС производится за счет относительных значений аффинности или ранга индивидуумов совокупности. Данный подход очень близок к концепции пригодности, используемой в эволюционных алгоритмах [9], возникших немного раньше возникновения теории искусственных иммунных систем.

Алгоритм клональной селекции

Формально алгоритм клональной селекции можно представить следующим образом:

$$CLONALG = (P^l, G^k, l, k, m_{Ab}, \delta, f, I, \tau, AG, AB, S, C, M, n, d), \quad (11)$$

где P^l – пространство поиска (пространство форм); G^k – представление пространства; l – длина вектора атрибутов (размерность пространства поиска); k – длина рецептора антитела; m_{Ab} – размер попу-

ляции антител; δ - функция экспрессии; f - функция аффинности; I - функция инициализации начальной популяции антител; τ - условие завершения работы алгоритма; AG - подмножество антигенов; AB - популяция антител; S - оператор селекции; C - оператор клонирования; M - оператор мутации; n - количество лучших антител, отбираемых для клонирования; d - количество худших антител, подлежащих замене новыми.

Рассмотрим пространство форм (P^l) фенотипов и пространство их представлений в виде антител (G^k) или пространство генотипов. Функция

$$\delta : P^l \rightarrow G^k \quad (12)$$

является функцией преобразования вариантов решений из P^l в их внутренние представления (G^k) в виде индивидуумов популяции. Эта функция иначе называется функцией экспрессии. Здесь следует сказать, что на практике, при разработке ИИС, зачастую вводят подобные преобразования из соображений удобства применения иммунных операторов и вычисления аффинности индивидуумов. Например, вектор вещественных атрибутов размерности l может быть преобразован в строку бит длины k , что делает возможным применение специфических операторов мутации и вычисление аффинности при помощи различных видов хэммингового расстояния. Несмотря на указанную важность, данный аспект не рассматривается в изученных автором публикациях, касающихся проектирования ИИС. Поэтому термины «генотип», «фенотип» и «экспрессия» в данном описании были позаимствованы из близких по функциональному назначению и структуре эволюционных алгоритмов, хотя более подходят к употреблению в контексте эволюции хромосом, чем молекулярных структур антител. Предполагается, также, что для каждого решения $p \in P^l$ существует одно и только одно его представление $\delta(p) \in G^k$. При этом в общем случае обратное утверждение неверно. Используя обобщенное представление, можно ввести функцию аффинности f :

$$f : P^l \times P^l \rightarrow \mathbb{R}^+ . \quad (13)$$

При этом задача состоит в максимизации функции аффинности.

Принимая начальный размер популяции антител (m_{Ab}), можно ввести функцию инициализации в виде:

$$I : G^k \times m_{Ab} \rightarrow AB(G^k). \quad (14)$$

Часто инициализация производится случайным образом с использованием равномерного распределения.

Пусть Q - унарный стохастический оператор преобразования на множестве G^k , который использует управляющее множество K_Q для генерации управляющих параметров, определяющих способ преобразования на текущем шаге работы алгоритма. Например, в случае мутации битовых строк, битовая маска может быть использована в качестве управляющего параметра, в котором единичные позиции определяют номера бит индивидуума, подвергающихся мутации. Следовательно, функциональная запись оператора Q может быть представлена так:

$$Q : G^k \times K_Q \rightarrow G^k. \quad (15)$$

Оптимальным решением $Ab_{opt} \in G^k$ относительно оператора Q и антигена $Ag \in AG$, $AG \subset G^k$ называется индивидуум, чья аффинность не может быть увеличена при дальнейшем воздействии оператора преобразования Q , т.е.

$$\forall k \in K_Q : f(Q(Ab_{opt}, k), Ag) \leq f(Ab_{opt}, Ag). \quad (16)$$

Условие останова (τ) выполняется когда популяция антител полностью распознает популяцию антигенов, т.е.

$$\forall Ag \in AG : \exists Ab \in G^k \mid Ab = Ab_{opt}. \quad (17)$$

Оператор селекции S формирует подмножество G_S индивидуумов, чья аффинность является лучшей в данном поколении. Таким образом, S совместно с управляющим множеством K_S представляет функцию:

$$S : G^k \times K_S \rightarrow \{0, 1\}, \quad (18)$$

множество, которое образуется в результате селекции:

$$G_S = \{Ab \in G^k \mid S(Ab, k_S) = 1\}, \quad |G_S| = n. \quad (19)$$

Аналогично производится отбор индивидуумов в популяцию клеток памяти.

Оператор клонирования C увеличивает представительство элементов множества G_S в популяции и совместно с управляющим множеством K_C может быть записан так:

$$C : G_S \times K_C \rightarrow G_S. \quad (20)$$

Оператор мутации M с управляющим множеством K_M :

$$M : G^k \times K_M \rightarrow G^k. \quad (21)$$

Метадинамика системы выражена в виде функции замещения худших антител популяции:

$$R : G^k \times d \rightarrow AB_d(G^k). \quad (22)$$

Худшие антитела предварительно отбираются при помощи оператора селекции.

Блок-схема алгоритма клональной селекции представлена на рисунке 2.6.

Ниже приводится обобщенное пошаговое описание алгоритма.

Шаг 1. Инициализация. Создание (обычно случайной генерацией) начальной популяции антител (AB).

Шаг 2. Вычисление аффинности. Для каждого антитела Ab_j , $Ab_j \in AB$ вычислить его аффинность по отношению к каждому антигену Ag_i , $Ag_i \in AG$. Результаты записать в матрицу аффинностей $D : D = [AG \times m_{Ab}]$ и $d_{ij} = f(Ab_j, Ag_i)$, $d_{ij} \in D$.

Шаг 3. Клональная селекция и распространение. Выбрать из популяции по n лучших антител для каждой строки матрицы D , и поместить их в отдельную популяцию клонов AB_C , $|AB_C| = n \cdot |AG|$. Генерировать клоны элементов популяции AB_C пропорционально их аффинности, т.е. чем выше аффинность, тем большее количество клонов создается и наоборот.

Шаг 4. Созревание аффинности. Подвергнуть мутации все клоны популяции AB_C с вероятностью обратно-пропорциональной их аффинностям, т.е. чем ниже аффинность индивидуума, тем выше вероятность его мутации. Вычислить новую аффинность каждого антитела

Ab_j , $Ab_j \in AB_C$ аналогично п.2, получив матрицу аффинностей D_C . Выбрать из популяции AB_C n антител, для которых соответствующий вектор-столбец матрицы D_C дает лучший обобщенный результат аффинности, и перенести их в популяцию клеток памяти M_R .

Шаг 5. Метадинамика. Заменить d худших антител популяции AB новыми случайными индивидуумами.

Шаг 6. Заменить n антител популяции AB клетками памяти из M_R и перейти к п.2 пока не будет достигнут критерий останова.

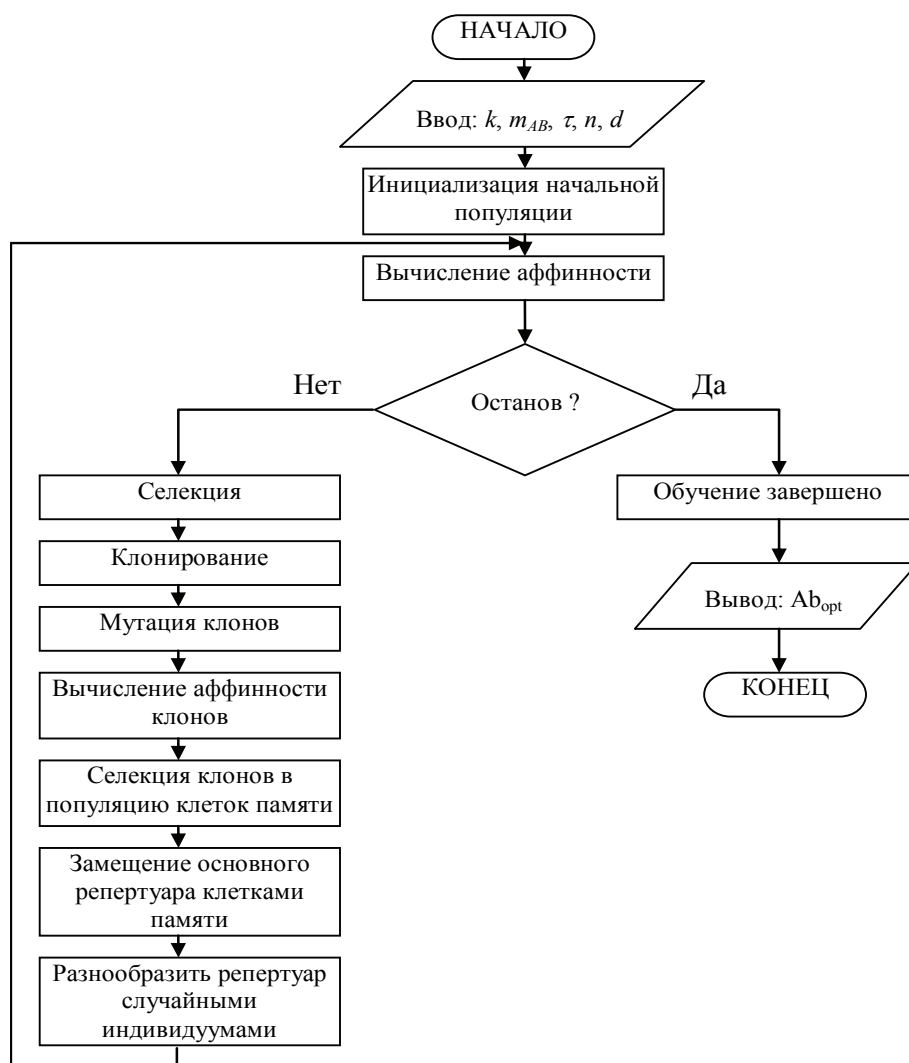


Рисунок 2 – Блок-схема алгоритма клональной селекции

Особенностью алгоритма клональной селекции является то, что он, в отличие от иммунной сети, поддерживает постоянный размер популяции антител.

Результаты

В процессе настройки системы методом клональной селекции были определены следующие функции принадлежности нечетких множеств:

1) Для факторов, связанных с влиянием окружающей среды пользователя: а) интенсивность шума IN (треугольная); б) интенсивность вибраций IV (треугольная); в) освещенность рабочего места E (гауссова); г) температура T (трапецеидальная); д) влажность φ (гауссова); е) давление P (треугольная).

2) Для факторов, связанных с текущим состоянием пользователя: а) ограниченная информационная пропускная способность Io (гауссова); б) степень усталости пользователя F (треугольная); г) ограниченность времени принятия решения Tr (гауссова); д) несоответствие степени напряженности TS (гауссова); е) недостаточная концентрированность внимания A (треугольная).

Для выходного параметра – релевантности принимаемого решения были сгенерированы треугольные функции принадлежности нечетких множеств. Результаты работы системы при варьировании входных параметров представлены в таблице 4.

Таблица 4

Результаты работы нечеткой имунной системы определения релевантности пользователя

N	IN	IV	E	T	φ	$\Delta p / \Delta t$	Io	F	Tr	TS	Rp
1	ОН	Н	В	К	О	К	В	Н	Н	Н	14,8(ОВ)
2	ОВ	В	Н	НК	Н	НК	Н	В	В	В	0,12(ОН)
3	С	С	С	К	О	К	С	С	С	С	7,2(С)
4	Н	В	С	К	Н	НК	В	С	С	С	4,5(Н)
5	Н	Н	С	НК	Н	НК	В	Н	Н	Н	9,4(В)
6	В	В	С	К	Н	НК	С	С	С	С	5,8(Н)
7	С	Н	В	К	О	К	В	С	Н	С	8,2(С)
8	С	В	В	К	О	К	Н	В	В	Н	3,2(Н)
9	Н	Н	В	К	О	К	С	С	Н	Н	11,3(В)
10	Н	С	С	НК	Н	К	С	С	В	С	6,9(С)

Анализ данных таблицы позволяет сделать вывод об эффективности работы нечеткой имунной системы определения релевантности

пользователя. В процессе варьирования входных параметров значение релевантности изменяется в пределах заданного диапазона в соответствии с уравнением целевой функции (8). Кроме того, чувствительность системы к более значимым параметрам (уровень шума и вибраций) является более высокой, что соответствует реальным условиям эксплуатации автоматизированных систем управления технологическими объектами.

Выводы

В работе разработана математическая модель релевантности принятия решений пользователем с учетом личностных факторов, а также внешних воздействий для повышения качества функционирования автоматизированной системы. Сформулирована задача оптимизации релевантности путем выбора воздействий на пользователя с применением теории искусственных иммунных систем. Разработана модификация алгоритма клонального отбора для определения оптимального воздействия на пользователя, что позволит повысить надежность и безопасность работы автоматизированных систем. Разработано программное обеспечение автоматизации определения оценки повышения релевантности принимаемых решений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Человеческий фактор. В 6-ти тт. Т. 2. Эргономические основы проектирования производственной среды: Пер. с англ. / Д. Джоунз, Д. Бродбент, Д. Е. Вассерман и др. – М.: Мир, 1991. – 500 с.
2. Справочник по инженерной психологии / Под ред. Б. Ф. Ломова. – М.: Машиностроение, 1982. – 368 с.
3. Шибанов Г.П. Количественная оценка деятельности человека в системах человек-техника. – М.: Машиностроение, 1983. – 263 с.
4. Шеридан Т. Б., Феррел У. Р. Системы человек-машина: Модели обработки информации, управления и принятия решений человеком-оператором: Пер. с англ. / Под ред. К. В. Фролова. – М.: Машиностроение, 1980. – 400 с.
5. Передерий В. И., Еременко А.П. Математические модели и алгоритмы определения релевантности принимаемых решений с учетом психофункциональных характеристик пользователей при управлении автоматизированными динамическими системами // Автоматика, автоматизация, электротехнические комплексы и системы. – 2007, № 2. – С. 34-40.

6. Передерий В. И., Еременко А.П. Математические модели и алгоритмы принятия релевантных решений в автоматизированных системах с учетом личностных и внешних факторов на базе генетических алгоритмов// Автоматика, автоматизация, электротехнические комплексы и системы. – 2008, № 2. – С. 28- 37.
7. Литвиненко В. И. Объектно-ориентированная реализация алгоритма клональной селекции / В. И. Литвиненко, А. А. Фефелов, С. П. Горавский // Радіоелектроніка, Інформатика, Управління. – Запоріжжя, – 2003. – № 1. – С. 81–88.
8. Литвиненко В.И. Экспериментальные исследования алгоритма клонального отбора при решении задач оптимизации многоэкстремальных функций // Вестник Херсонского национального технического университета, – 2007. –№ 3(29). – С.29-41.
9. Бідюк П. І., Литвиненко В. І, Фефелов А. О. Формалізація методів побудови штучних імунних систем Наукові вісті Національного технічного університету України “Київський політехнічний інститут”. – 2007. – № 1. – С. 29–41.
10. Goldberg, D.E.1989. Genetic Algorithms in Search, Optization, and Machine Learning, Addison-Wesley

Ф.Б. Рогальський, С.В. Вишемирська

МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ МОДЕЛЮВАННЯ ДІЯЛЬНОСТІ ГОСПОДАРСЬКИХ КОМПЛЕКСІВ

Анотація. Розглянуто загальну класифікацію математичних методів побудови моделей господарських комплексів. Доведено, що управління соціальною та технічною підсистемами будь-якого комплексу вимагає різних підходів. Наведено загальні етапи розробки стратегії розвитку регіону. Побудовано математичну модель господарського комплексу.

Ключові слова. Математичне моделювання, господарський комплекс, прийняття рішень, управління, модель, процес.

Вступ

Перехід до відкритої моделі економіки вимагає удосконалення управління регіональним розвитком, зокрема запровадження сучасних систем управління та інформаційних технологій. В регіоні тісно пов'язані проблеми окремих галузей і виробництв, структурної й інвестиційної політики, розвитку науково-технічного прогресу, задачі і шляхи вирішення соціальних проблем, інтереси міста, регіону, держави. Одним з чинників управління господарським комплексом регіону є забезпечення взаємодії всіх елементів комплексу, куди можуть входити транснаціональні, національні, регіональні і місцеві об'єкти та відповідні суб'єкти регіонального управління. Органи управління регіоном відповідальні за його комплексний розвиток та дотримання балансу територіальних і галузевих інтересів. Тому формування необхідної інформаційної бази для прийняття управлінських рішень важливо як для окремого господарського комплексу (підприємства, організації), так і для регіону в цілому [1–3].

Постановка задачі

Головна структурна риса сучасної економіки – її фрагментарність, розвиток її складових з різною інтенсивністю. Це спостерігається при розгляді регіону, галузі, підприємств – часто тут економіка знаходиться на абсолютно різному рівні і має різну швидкість розвитку. До того ж наявність конкуренції і протиборства між окремими господарськими комплексами призводять до дезінтегруючих взаємодій і до непередбачуваності, випадковості, нестійкості відносин і зв'язків між ними. Фрагментарність економіки доповнює і живить фраг-

ментарність соціуму. Таким чином, сучасна регіональна економіка найчастіше є стратифікованою в усіх напрямках [4, 5], а дезінтегруючі міжсистемні взаємодії обумовлюють різноспрямованість, а часто і протилежність тенденцій і механізмів, властивих окремим господарським комплексам.

На сучасному етапі розвитку економіки в більшості випадків між окремими господарськими комплексами превалюють горизонтальні зв'язки, вертикальні зв'язки реалізуються лише у вигляді координації взаємодій, що особливо проявляється на регіональному рівні. Таким чином, якщо на рівні технологічного процесу і, певною мірою, підприємства відносини носять більш-менш закономірний і односпрямований характер, то на більш високому рівні відносини між господарськими комплексами стають різноспрямованими і часто складаються стихійно.

Управління господарськими комплексами, вдосконалення існуючих методів проектування технологічних та бізнес-процесів в них, підвищення ефективності функціонування виробничо-економічних систем неможливо без моделювання процесів їх діяльності. Проблема побудови економіко-математичних моделей далека від остаточного рішення: існують різні моделі одного і того ж об'єкта, відсутня єдина методологічна база, не завжди надійна перевірка на адекватність тощо. До того ж треба мати на увазі, що математичною мовою можуть бути записані як наукові теорії, так і помилкові концепції.

Зростання складності завдань (технічних, економічних, організаційних, соціальних), що виникають при управлінні господарськими комплексами, призводить до необхідності створення адекватних моделей і систем підтримки прийняття рішень, врахування дії технічної та соціальної підсистем і виконуваних ними функцій[6, 7]. Однак, незалежно від специфіки даного об'єкта, найважливішим при його аналізі залишається системність, що дає загальну методологію дослідження і дозволяє проводити детальний аналіз, моделювання, планування, прогнозування його розвитку. В роботі розглядається питання методології моделювання діяльності господарських комплексів.

Викладення основного матеріалу

В умовах конкурентної економіки для спрямування ресурсів регіону на вирішення основних проблем його розвитку необхідно розглядати регіон як «відкриту» систему (рис. 1). Співвідношення проми-

слового виробництва, сільського господарства та сфери послуг в регіоні відображає досягнення розвитку регіону і в той же час створює передумови для його ефективного розвитку.

Проте внаслідок відсутності комплексного розгляду підсистем регіонального господарського комплексу, і зокрема, недостатнього врахування особливостей соціуму, мотивації співробітників, проблема перебуває в стадії розвитку і далека від вичерпного рішення. Управління соціальною та технічною підсистемами будь-якого комплексу вимагає різних підходів. Технічна підсистема є пасивною, їй характерний детермінізм з точки зору управління, об'єкт управління не має свободи вибору свого стану, йому задаються цілі і засоби їх досягнення. Соціальна підсистема має властивість активності, тобто може цілеспрямовано змінювати свій стан, має власні інтереси й уподобання.

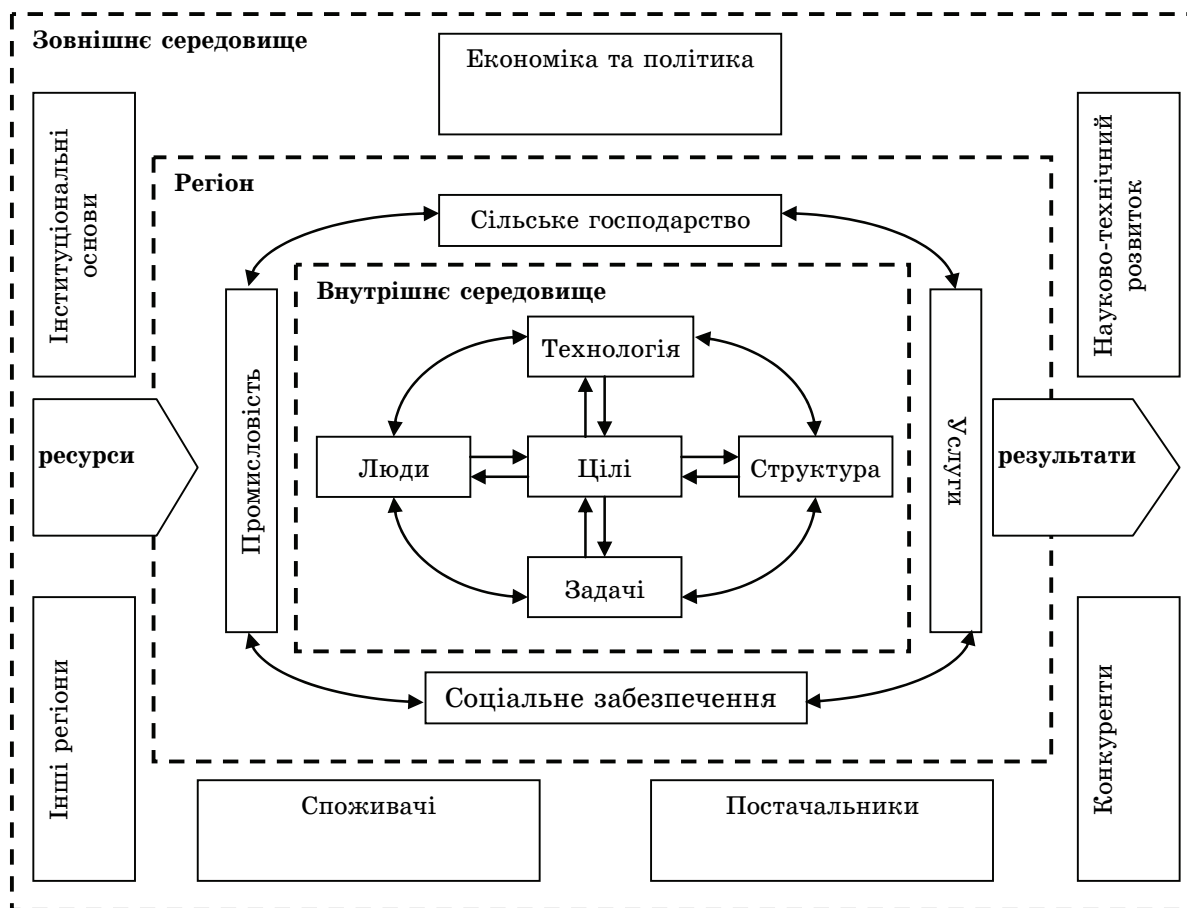


Рисунок 1 – Схема регіону як системи

Аналіз шляхів досягнення цілей вимагає деталізації моделі господарського комплексу. Математична модель, як абстрактний засіб наближеного представлення (відображення) реального процесу з ме-

тою його дослідження, є математичним описом істотних факторів процесу та взаємозв'язків між ними. Зазвичай одному і тому ж процесу можна співставити деяку множину моделей, що відрізняються, зокрема, числом врахованих факторів і, відповідно, повнотою і точністю опису процесу, з одного боку, і складністю моделі – з іншого. Вибір моделі диктується, перш за все, метою проведеного дослідження.

Відповідно до загальної класифікації математичних моделей[8] вони поділяються на структурні (більше використовуються на регіональному рівні) і функціональні (досліджується залежність поведінки господарського комплексу від впливу на нього різних факторів). Моделі поділяють на дескриптивні (описові) і нормативні (формалізують конкретну предметну область, мету діяльності, можливості і засоби її досягнення). За способом врахування фактора часу розрізняють статичні і динамічні моделі. В практиці також представляють певний інтерес стаціонарні системи, тобто такі системи, властивості яких з часом не змінюються.

Основною ознакою, за яким завдання чітко розмежовуються на два типи, є наявність або відсутність цільової функції, яка повинна бути оптимізована. Відповідно, всі завдання поділяються на оптимізаційні (зокрема, завдання дослідження операцій) і неоптимізаційні. Зміст задач і методи їх розв'язання багато в чому визначаються цією ознакою. Мета оптимізаційних задач – визначити за деяким критерієм найбільш раціональне рішення з множини можливих. Для господарських комплексів такі задачі в основному пов'язані з організаційним управлінням і відносяться до завдань дослідження операцій. Їх математичні моделі обов'язково містять цільову функцію, яку необхідно оптимізувати, і називаються нормативними. В неоптимізаційних задачах переслідується мета пояснити спостережувані факти або дати прогноз поведінки об'єкта. Моделі цих задач називаються описовими, або дескриптивними.

За тривалістю розглянутого періоду часу розрізняються моделі короткострокового (до року), середньострокового (до 5 років), довгострокового (до 10-15) і стратегічного (більше 10-15 років) планування та прогнозування.

За ступенем врахування причинно-наслідкових аспектів моделі поділяють також на детерміновані та стохастичні. У детермінованих

моделях нехтують випадковим характером реальних процесів і беруть до уваги тільки усереднені значення параметрів, що беруть участь у моделі. В стохастичних моделях враховується випадковий характер процесів.

За співвідношенням екзогенних і ендогенних змінних, що включаються в модель, вони можуть розділятися на відкриті і закриті. Повністю відкритих моделей не існує; модель повинна містити хоча б одну ендогенну змінну. Повністю закриті економіко-математичні моделі, що не включають екзогенних змінних, виключно рідкісні; їх побудова вимагає повного абстрагування від "середовища", тобто серйозного огрублення реальних економічних систем. Переважна більшість економіко-математичних моделей займає проміжне положення і розрізняється за ступенем відкритості (закритості). Методи для побудови моделей наведені на рис. 2.

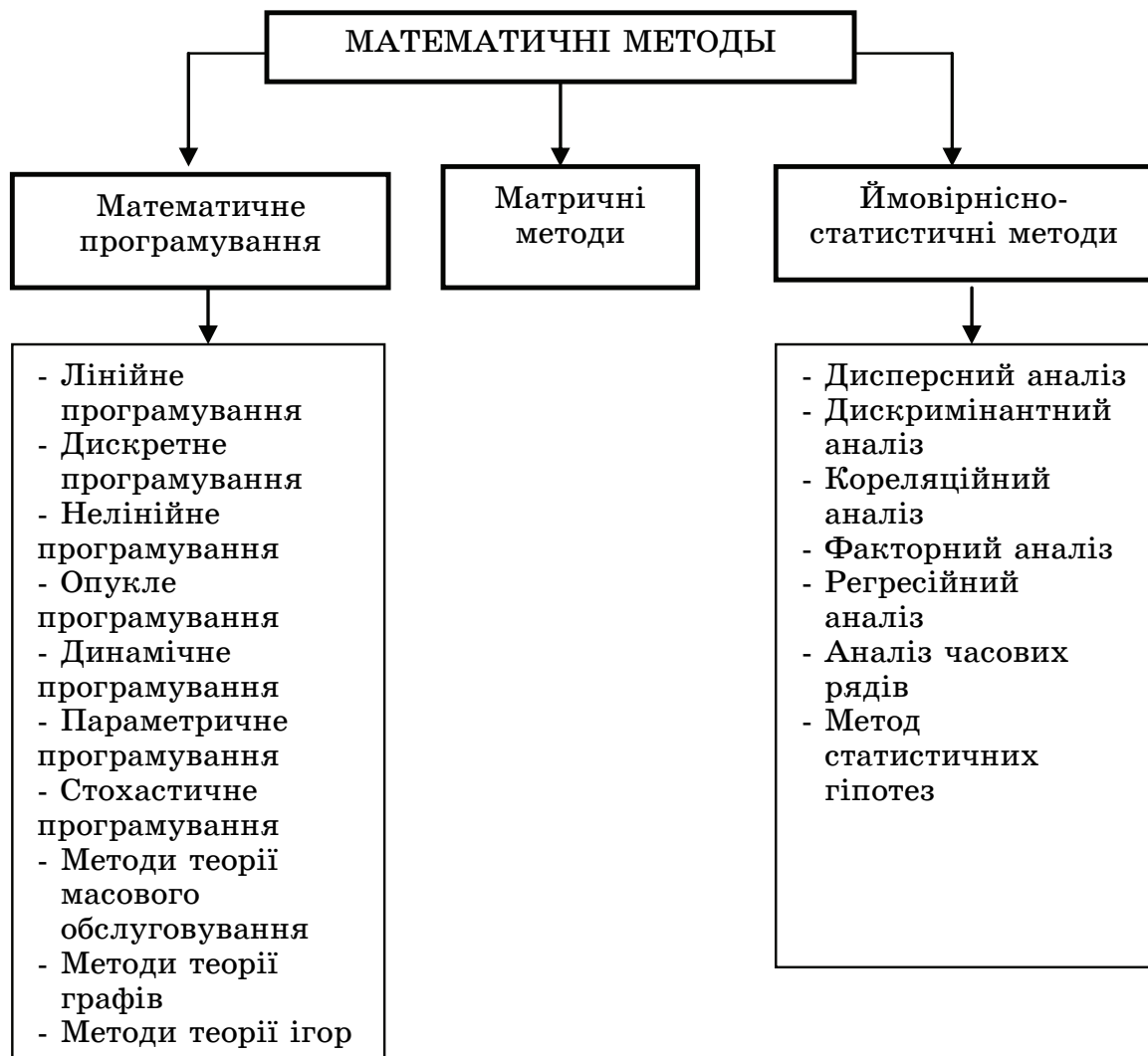


Рисунок 2 – Математичні методи побудови моделей господарських комплексів

Господарські комплекси є активними системами, мають можливість вибору свого стану і врахування своїх інтересів. В якості методологічної бази побудови моделей тут може бути використана теорія активних систем, що використовує для вирішення завдань математичне (теоретико-ігрове) і імітаційне моделювання.

Приймаючи до уваги наведену класифікацію моделей, одним з підходів до використання моделей для моделювання діяльності господарських комплексів різних рівнів може бути таким:

на рівні регіону – більш широке застосування експертного оцінювання з використанням структурного моделювання, мережних моделей і економіко-математичного моделювання;

на рівні підприємства – переважно мережні моделі та математичне моделювання окремих функцій підприємства і його дільниць;

на рівні технологічного процесу на підприємстві – використання моделей з наведеного вище огляду.

Так для розробки стратегії розвитку регіону може бути використана спіральна модель життєвого циклу реалізації етапів розробки (рис.3), в якій на кожному витку спіралі реалізуються всі етапи розробки проекту [9,10]. З кожним наступним витком якість розробки поліпшується і, нарешті, виходить прийнятний варіант стратегії. Саме такий підхід був використаний при розробці стратегії економічного та соціального розвитку Херсонської області до 2015 року та формування орієнтирів розвитку регіону до 2020 року.

Аналіз характеристик регіону, стану та основних тенденцій розвитку, ресурсів та регіонального ринку праці дозволив при розробці стратегії економічного та соціального розвитку Херсонської області до 2015 року сформулювати стратегічні напрямки розвитку регіону, які визначають основні напрями діяльності органів місцевого самоврядування в сферах: розвитку галузей економіки та підвищення конкурентоспроможності області; підвищення якості життя населення, розвитку системи послуг; збереження та раціонального використання природних ресурсів.

Мережні моделі як засіб планування та управління

Важлива частина діяльності господарського комплексу рівня підприємства, а саме введення в асортимент нової продукції, будь-яка зміна технологічного процесу, вимагає своєчасного та обґрунтованого розрахунку всіх можливих варіантів розвитку подій. Тому виникає

необхідність створення та розрахунку проекту [11]. Основні етапи процесу планування показані в табл. 1. На кожному кроці менеджер проекту може виявити проблеми в реалізації проекту й підняти питання про його закриття.

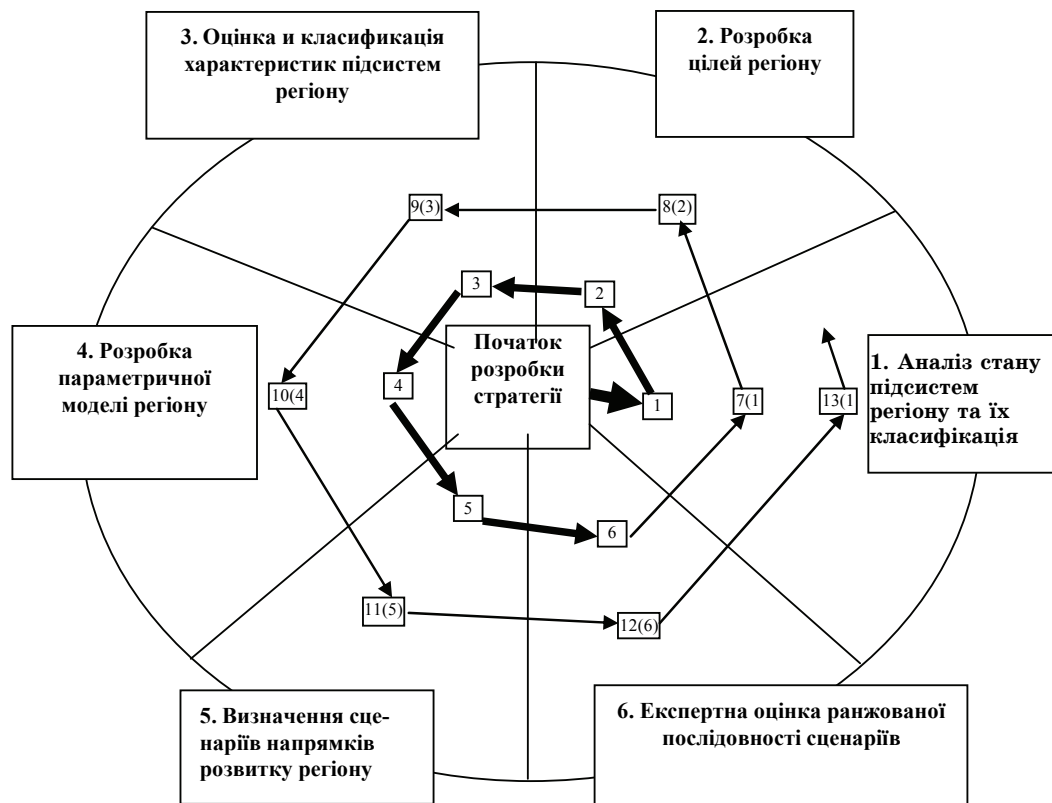


Рисунок 3 – Загальні етапи розробки стратегії розвитку регіону

Таблиця 1

Основні етапи процесу планування проекту

№	Крок	Результат
1	Розробка концепції й планування цілей проекту.	Чому?
2	Декомпозиція цілей проекту, побудова ієрархічної структури робіт (ICP).	Що ?
3	Призначення відповідальних. Побудова структурної схеми організації проекту.	Хто?
4	Розробка стратегії реалізації проекту, побудова плану по віхах.	Як?
5	Розробка тактики проекту, побудова сіткових моделей.	Докладно як?
6	Розробка ідеального календарного графіка робіт.	Ідеально коли?
7	Планування ресурсів, розробка реального календарного графіка робіт з урахуванням обмежень на ресурси.	Реально коли?
8	Оцінка витрат, розробка бюджету.	Скільки?
9	Розробка й прийняття плану проекту.	Усе враховано?

Для реалізації великих і складних проектів доцільним є застосування допоміжних процедур планування проекту (рис. 4):

- планування якості;
- планування ризиків і заходів щодо роботи з ними;
- організаційне планування;
- планування комунікацій тощо.

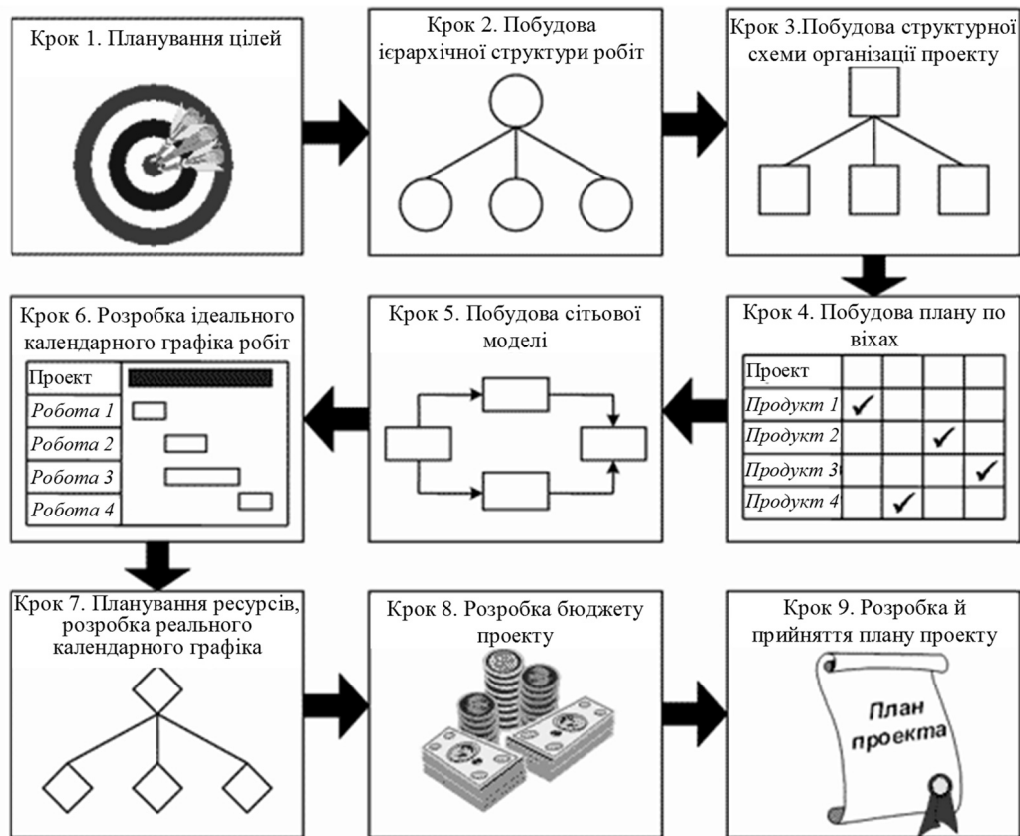


Рисунок 4 – Основні процедури процесу планування

Складність задач оперативного планування, контролю та управління залежать від складності та масштабів плануємої роботи або проекту. Методи лінійного календарного планування не завжди дають очікувані результати, тому що не дозволяють обґрунтовано та оперативно планувати, обирати оптимальний варіант тривалості робіт, використовувати резерви та коригувати графік діяльності.

Цих недоліків можна позбутися використовуючи системи мережних моделей [8]. Цей інструментарій надає можливість не лише об'єднати однорідні процеси, а, завдяки використанню зв'язків та переходів, пов'язувати процеси, об'єднані в групи по різних ознаках (наприклад, демонструвати вплив показників технологічних процесів на показники економічного характеру [12]). Аналіз діяльності підп-

приємства складається з аналізу його основних фінансових показників, тому для побудови мережного графіка по запропонованій технології не має значення профіль досліджуваного підприємства: показники, що оцінюються, впливають лише з його діяльності, тому, змінюючи сферу діяльності для підприємства, можна уніфікувати запропоновану технологію.

Крім того, можуть бути застосовані такі методи, як оптимізація часових параметрів мережного графіка; розподілення ресурсів за календарними строками; оптимізація мережних графіків за вартістю тощо.

Складання мережного графіка дозволяє розглядати організацію робіт у взаємозв'язку та проводити їх підготовку ще до початку виконання всього комплексу робіт.. Чіткий розподіл технологічного процесу на окремі роботи та події підвищує значення вихідної інформації, а зв'язок робіт та подій дозволяє побудувати алгоритм розрахунку мережі, що дуже важливо для прийняття тактичних і стратегічних управлінських рішень в господарських комплексах.

Моделювання прийняття рішень

В рамках кожного процесу, реалізується стандартний управлінський цикл, що починається з операції «прогнозування» та закінчується «коригувальними діями». Таким чином, управління господарським комплексом будується як інтелектуальна система управління, яка характеризується мотивованим вибором мети, що не зводиться до вибору однієї або декількох, апіорі передбачених і добре формалізованих цілей, наявністю верхнього – організаційного, середнього – координаційного і нижнього – виконавського рівнів управління. Ця система повинна реалізовувати процесний підхід, тобто розглядати діяльність господарського комплексу як сукупність взаємозалежних процесів. Основу управління якістю процесів у режимі реального часу становлять різні різновиди операції Інтерпретація, що дозволяють розв'язати весь спектр задач для кожного з елементів множини {вектора вхідних величин, вектора вихідних величин, характеристика процесу (системи)} при відомих двох інших.

Всі різновиди операції Інтерпретація реалізуються на основі бази даних, підтримуваної інформаційною системою. Так операція Ідентифікація дозволяє визначити вид і параметри моделі, що характеризує процес, використовуючи як об'єкт аналізу пари векторів «вхід-

вихід». Операція Прогнозування надає інформацію про очікувані вихідні сигнали (реакції системи) при відомих входних. Операція Управління дозволяє при відомих характеристиках системи визначити необхідний вектор входних величин (або управляючих впливів) для одержання бажаної реакції системи (вектор вихідних величин). Проводячи декомпозицію операції Ідентифікація, вводяться операції Моніторинг і Діагностика. Операція Моніторинг дозволяє відслідковувати відхилення в поведженні системи, а Діагностика виявити причини відхилень.

Найбільш складним етапом практичного управління, а також створення системи підтримки прийняття рішень є операція ідентифікації – побудови математичної моделі процесу (рис. 5).



Рис. 5. Математична модель процесу.

$\bar{X}, \bar{Y}, \bar{Z}$ – вектори входних (I), вихідних (O) і управляючих (C) величин.

Побудова математичної моделі господарського комплексу

Під математичним моделюванням розуміють вивчення явища за допомогою його математичної моделі. Процес математичного моделювання розділяється на 4 етапи [8]:

1. Формування закону, пов'язуючого основні об'єкти моделі, що вимагає знання фактів і явищ, що вивчаються, – ця стадія завершується записом в математичних термінах сформульованих якісних уявлень про зв'язки між об'єктами моделі.

2. Дослідження математичних задач, до яких приводить математична модель. Основне питання цього етапу – розв'язання прямої задачі, тобто отримання через модель вихідних даних описуваного об'єкту. Типові математичні задачі тут розглядаються як самостійний об'єкт.

3. Третій етап пов'язаний з перевіркою узгодження побудованої моделі критерію практики. У випадку, якщо вимагається визначити

У загальному випадку формальну математичну модель системи S можна подати у вигляді такої множини величин, що описують процес функціонування системи:

$v_k \in V, k = \overline{1, n_V}$ — сукупність збурюючих впливів зовнішнього довища;

Тоді формальний запис моделі системи буде мати вигляд (1):

де t – час.

Якщо розглядати процес функціонування системи як послідовну зміну її станів $\vec{H}(t_1)$, $\vec{H}(t_2)$, ..., $\vec{H}(t_k)$, то вони можуть бути інтерпретовані як координати точок у k -вимірному фазовому просторі. Сукупність усіх можливих станів системи називають простором станів.

Формально стан системи S у момент часу $t_0 < t^* \leq T$ повністю визначається її початковим станом $\vec{H} = \vec{H}(t_0)$, вхідними впливами $\vec{X}(t^*)$, керуючими впливами $\vec{U}(t^*)$, впливами зовнішнього середовища $V(t^*)$, що мали місце за проміжок часу $t^* - t_0$. Це можна подати такими двома векторними рівняннями (2):

$$\begin{aligned}\vec{H}(t) &= g\left(\overrightarrow{H^0}, \overrightarrow{X}, \overrightarrow{V}, \overrightarrow{U}, t\right); \\ \vec{y}(t) &= f(\overrightarrow{H}, t).\end{aligned}\tag{2}$$

Тут перше рівняння за початковим станом системи $\vec{H}^0$ та змінними $\vec{X}, \vec{V}, \vec{U}$ визначає вектор-функцію $\vec{H}(t)$, а друге за станом $\vec{H}(t)$

визначає ендогенні змінні на виході системи $\bar{y}(t)$. У такий спосіб ланцюжок рівнянь об'єкта «вхід—стан—вихід» дає змогу визначити характеристики системи (3):

$$\bar{y}(t) = f \left[g \left(\overrightarrow{H^0}, \overrightarrow{X}, \overrightarrow{V}, \overrightarrow{U}, t \right) \right]. \quad (3)$$

Отже, під математичною моделлю системи розуміють скінченну підмножину змінних $\{\bar{X}(t), \bar{V}(t), \bar{U}(t)\}$ разом з математичними зв'язками між ними та характеристиками $\bar{y}(t)$.

Відзначимо, що математична модель повинна бути побудована не тільки для технологічних, але й для всіх процесів господарського комплексу. Реалізація кількісного аналізу процесів є складною внаслідок високої погрішності, нерегулярності й запізнювання ряду параметрів, що характеризують процес і нелінійністю самої моделюючої системи. Тому представляється доцільним для опису процесів використовувати методологію експертних систем [8,13]. У цьому випадку (рис. 6) на деякому інтервалі часу (вибірка) аналізуються характеристики процесу (вхід – вихід), будується кількісна модель (навчання), модель тестується й, якщо тестування пройшло успішно, використовується для, наприклад, прогнозування, а також корекції моделі з метою обліку тенденцій розвитку процесу.

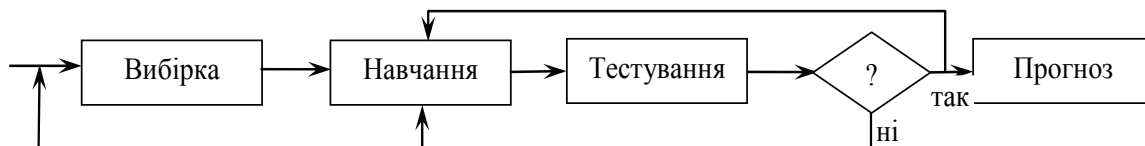


Рис. 6. Блок-схема процедури створення моделі процесу

В іншому випадку береться більш вірогідна вибірка, або вибирається новий тип моделі, визначаються її кількісні характеристики й цикл повторюється. Саме «навчання» (рис. 7) може відбуватися при фіксованій моделі й тоді «навчання» зводиться до розрахунку перехідної матриці, або воно включає й вибір типу моделі з бази правил (моделей).

Дана процедура представляє собою процедуру логічного виводу (рис. 8), що використовує базу фактів і базу правил. При цьому головними питаннями є: на скільки містка база фактів і на скільки адекватна база правил.

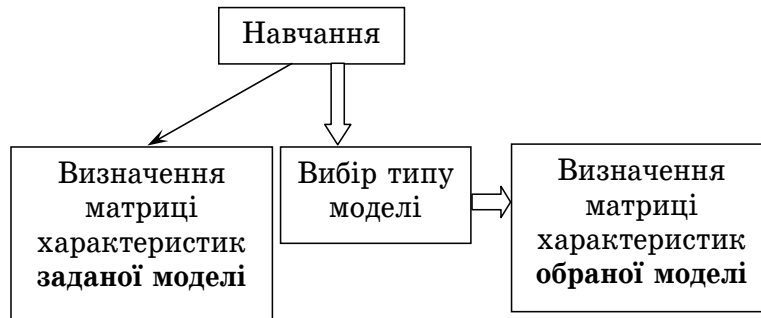


Рис. 7. Блок-схема процедури «навчання» моделі.

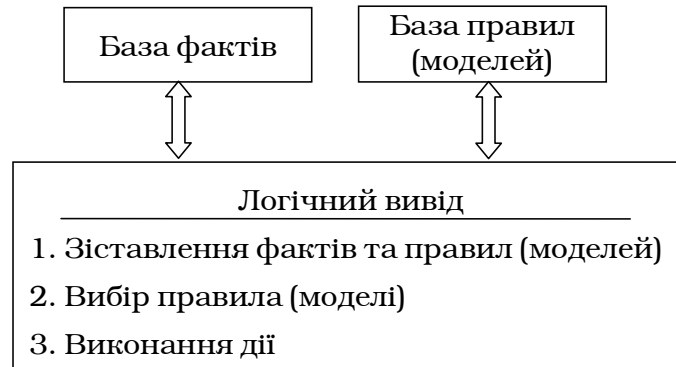


Рис. 8. Блок-схема процедури логічного виводу.

Для технологічних процесів досить універсальними є квазідинамічні моделі регресії виду (4):

$$\bar{Y}(t) - \bar{\mu}_y(T) = [B(\tau_{ij}, T, z)] \cdot (\bar{X}(t, \tau_{ij}, T) - \bar{\mu}_x(\tau_{ij}, T)), \quad (4)$$

де $\bar{Y}$, $\bar{X}$, $\bar{\mu}_x$, $\bar{\mu}_y$ відповідно вектори відгуків, факторів і їхніх математичних очікувань, T – інтервал спостережень (вибірки), τ – час запізнювання значень і -го відгуку відносно j -х факторів (відзначимо, що в ролі фактору може використовуватися комбінація вхідних величин), $[B]$ – матриця коефіцієнтів регресії, що підлягають визначенню, z – вектор управляючих впливів. У випадку, коли в межах припустимих значень величин факторів і відгуків, процес можна вважати близьким до лінійного, використовуються динамічні моделі виду (5):

$$y_j(t) = y_{i0} + \sum_{j=1}^q \int_0^t k_{ij}(t - \tau_{ij} - \tau) \cdot x_i(\tau) d\tau, \quad t - \tau_{ij} - \tau \geq 0; \quad (5)$$

де k_{ij} – імпульсна перехідна функція, що для найпростішої інерційної моделі має вигляд $k_{ij}(\eta) = \sum_{i=1}^n \alpha_{lij} \cdot \frac{\exp\left(-\frac{\eta - \tau_{ij}}{T_{lij}}\right)}{T_{lij}}$, α_{lij} , T_{lij} , τ_{ij} – по-

стійні, обумовлені, наприклад, методом найменших квадратів, за результатами вибірки.

Наявність моделі процесу дозволяє знаходити оперативні матеріальні й енергетичні баланси, що дає можливість аналізувати ефективність використання ресурсів безпосередньо в технологічному процесі, а також судити про адекватність моделей технологічних процесів.

При побудові моделей процесів управління, наприклад, договірною діяльністю або діагностикою устаткування, важливо максимально використовувати знання досвідчених працівників, що характерно для експертних систем виду «якщо ..., то ...». У цьому випадку система навчання (побудови моделі) повинна включати наступні операції:

1. «Добування» знань шляхом співбесіди з персоналом і хазяїном процесу.
2. Створення правил (документування процесу).
3. Перевірка правил на модельних ситуаціях (тестування).
4. Обговорення результатів разом з персоналом і експертом.
5. Якщо перевірка дала задовільний результат – застосовувати, якщо ні, повертаємося до «добування» знань.

Даний підхід характерний і для систем управління з нечіткою логікою, основними задачами яких є співставлення стану процесу з умовами істинності продукційних правил і визначення порядку (стратегії) використання правил. При цьому можливі два типи формування управління: або правила задаються в явному виді (утворюють базу знань) і стратегія перегляду незмінна, або явно заданих правил немає, а набір правил і порядок їхнього застосування визначаються стратегією управління – нечітким маршрутом у мережі від вихідної до цільової ситуації. В останньому випадку управління має більшу гнучкість і стійкість, особливо в позаштатних ситуаціях.

Важливою задачею прийняття рішень при управлінні процесами (наприклад, оцінки й вибору постачальника, управління відповідністю продукції) є вибір варіантів за багатьма критеріями. Відомі методи багатокритеріального аналізу, що використовуються в технічних системах [8,13], передбачають перетворення вектора окремих критеріїв оцінки ефективності системи в скалярний інтегральний критерій. Однак даний підхід погано пристосовується до якісних критеріїв, які оцінюються експертними методами. У цьому випадку,

теорія нечітких множин дозволяє формалізувати процес багатокритеріального вибору варіантів рішень, розглядаючи інтегральний критерій як нечітку згортку приватних критеріїв (схема Беллмана-Заде [14]). Нечітка множина D (інтегральний критерій оцінки варіанта) визначається у вигляді перетинання нечітких множин по кожному із критеріїв. Враховуючи те, що операції перетинання відповідає $\min$, одержимо:

$$\tilde{D} = \left\{ \frac{\min_{l=1, M} [\mu^l(s_1)]^{w_{0l}}}{s_1}, \frac{\min_{l=1, M} [\mu^l(s_2)]^{w_{0l}}}{s_2}, \dots, \frac{\min_{l=1, M} [\mu^l(s_N)]^{w_{0l}}}{s_N} \right\},$$

де $\mu^l(s_k) \in [0,1]$ – рівень оцінки варіанта s_k за критерієм q , $k = \overline{1, N}$; $l = \overline{1, N}$ (ступінь приналежності елемента s_k до нечіткої множини $(\tilde{q})$, ріст величини $\mu^l(s_k)$ означає збільшення оцінки k -го варіанта по l -му критерію; $w_{0l} \geq 1$ – приведений коефіцієнт відносної важливості l -го критерію $\left(w_{0l} = \frac{w_l}{w_{l \min}} \right)$, чим більш значимий критерій, тим більшим повинно бути розходження між варіантами (більш концентрована нечітка множина). При рівноважних критеріях $w_{0l} = 1$.

Сучасний стан інформаційних технологій дозволяє побудувати кількісні моделі процесів та підвищити ефективність управління підприємством, а також завдяки створеним базам знань та фактів обґрунтовано підходити до вибору математичної моделі розв'язання конкретної задачі, якщо таких моделей існує декілька.

Висновки

Таким чином, загальна класифікація моделей включає багато ознак. Різноманіття існуючих моделей, тим не менш, не дозволяє абсолютно точно відобразити реальну систему, тому доводиться задовольнятися описом реальних процесів в господарських комплексах у відповідності з заздалегідь прийнятими допущеннями. У цьому плані слід виділити комп'ютерне моделювання, яке володіє такими перевагами, як можливість спостерігати поведінку системи при різних умовах, прогнозувати поведінку системи в реальних умовах, проводити

випробування системи в короткий проміжок часу і з набагато меншими витратами, ніж при натурному експерименті тощо.

Зазначені переваги роблять безумовним лідером серед методів моделювання систем комп'ютерне моделювання.

Проведений аналіз існуючої ієрархії, принципів та особливостей побудови систем управління господарськими комплексами показує, що управління в них може бути забезпечене такими видами моделей:

- моделями аналізу (моделями обчислення стану господарського комплексу), що розв'язують задачі аналізу стану об'єкта управління і, в деяких випадках, заповнення відсутньої інформації про об'єкт. Справа в тому, що в складних системах при використанні управління зі зворотним зв'язком далеко не завжди можна виміряти значення вихідних параметрів об'єкта управління. У цьому зв'язку необхідно створювати моделі, що аналізують отриману інформацію і визначають стан об'єкта управління [107, 240];

- моделями прогнозування, що оцінюють майбутню поведінку об'єкта управління і дозволяють здійснювати оперативне коректування алгоритмів керування. При неповній інформації про властивості об'єкта управління і наявності збурень поряд з традиційним управлінням потрібне застосування управління з прогнозуванням. До такого управління можна віднести адаптивне управління з моделями, метод групового врахування аргументів, адаптивні прогнозуючі моделі, засновані на вирішенні рівняння Ляпунова, модельно-прогнозоване управління;

- моделями управління, які є імітаційними моделями процесу управління і дозволяють описати і реалізувати алгоритми управління. Прикладами таких моделей можуть бути моделі вхід-вихід, задані у вигляді рівнянь стану або передавальних функцій. Однак тут слід враховувати, що алгоритми управління в господарських комплексах характеризуються складністю і не завжди можуть бути описані аналітично.

Для різних об'єктів і систем розроблено велику кількість моделей, що описують процеси з різним ступенем детальності: від самого загального поняття динаміки, руху взагалі, до формальних математичних моделей конкретних процесів. У моделях аналізу, прогнозування чи управління можуть бути використані різні види моделей з наведеної вище класифікації. Розглянутий підхід використано в гос-

подарських комплексах різних рівнів, зокрема при розробці стратегії розвитку Херсонської області до 2015 року, для моделювання діяльності ТОВ «Південний консервний завод дитячого харчування», ВАТ «Херсонська кондитерська фабрика»), ДП «Херсонський річковий порт», ПАТ «Херсонський комбінат хлібопродуктів» тощо. Застосування математичних методів в господарських комплексах на підставі системного підходу дозволяє розробляти плани і стратегічні прогнози, виробляти управлінські рішення, відображати в них всю складність і різноманіття залежностей між діючими змінними факторами.

ЛІТЕРАТУРА

1. Рогальский Ф.Б. Концепция открытых технологических комплексов в управлении регионом // Автоматика. Автоматизация. Электронные комплексы и системы.-2000.-№1.- С.148-156.
2. Рогальский Ф.Б. Моделирование взаимодействия открытых технологических комплексов в регионе // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 6 (47). – Дніпропетровськ, 2006. – С. 203–211.
3. Рогальский Ф.Б. Методологические аспекты создания систем управления открытыми технологическими комплексами в регионе // Математические модели в образовании, науке о промышленности: Сб. науч. тр. – С.-Пб.: Санкт-Петербургское отделение МАН ВШ, 2003. – С. 183 – 188.
4. Мезоэкономика переходного периода: рынки, отрасли предприятия / Под ред. Г.Б. Клейнера. – М.: Наука, 2001. – 516 с.
5. Економіка : навчальний посібник / за ред. М.П. Бутка. – Ніжин: ТОВ «Видавництво «Аспект-Поліграф», 2011. – 612 с.
6. Рогальский Ф.Б. Информационная поддержка принятия решений при управлении социотехническими системами // Автоматика. Автоматизация. Электротехнические комплексы и системы. – 2008. – № 1(21). – С. 174 – 183.
7. Рогальський Ф.Б., Вишемирська С.В. Інформаційна підтримка прийняття рішень при управлінні бізнес-процесами харчових підприємств // Автоматизація технологічних і бізнес-процесів. - №2.- 2010. - С. 42-48.
8. Рогальский Ф. Б., Курилович Я. Е., Цокурено А. А. Математические методы анализа экономических систем: В двух кн. – Київ: Наукова думка, 2001. – Кн. 1: Теоретические основы. – 435 с.

9. Методичні рекомендації щодо розроблення регіональних стратегій розвитку: – К.: Міністерство економіки та з питань європейської інтеграції України, 2001. – 22 с.
10. Рогальський Ф.Б. Вдосконалення управління розвитком пріоритетних напрямків в економіці Херсонської області. В кн.: Стратегія економічного та соціального розвитку Херсонської області до 2015 року. Управління процесами розвитку регіону. Основні напрямки / За ред. Б.В.Сіленкова. – Херсон: Вид-во ХНТУ, 2007. – С. 311-326.
11. Кузин Б., Юрьев В., Шахдинаров Г. Методы и модели управления фирмой. – СПб: Питер, 2001. – 432 с.
12. Вишемирська С.В., Рогальський Ф.Б. Модель процесу впровадження нової продукції у виробництво // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 6(71). – Дніпропетровськ, 2010. – С.33-44.
13. Петров Е. Г., Новожилова М. В.. Методи і засоби прийняття рішень у соціально – економічних системах: Навчальний посібник./ За ред. Е. Г. Петрова. – К.: Техніка, 2004. – 256 с.
14. Беллман Р., Заде Л. Принятие решений в расплывчатых условиях // Вопросы анализа и процедуры принятия решений. – М.: Мир. – 1976. – С. 26-34.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ КРОССПЛАТФОРМЕННОСТИ И ИНТЕРОПЕРАБЕЛЬНОСТИ В КОРПОРАТИВНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

Аннотация. Проведено исследование технологии Web Services, в частности определены ее преимуществами для разработчиков корпоративных информационных систем с распределенной архитектурой. Предложена модель использования Web-технологий при проектировании корпоративных информационных систем с трехуровневой архитектурой в среде Delphi.

Ключевые слова: корпоративные информационные системы, распределенная архитектура, Web-технологии кроссплатформенность, интероперабельность

Введение

Важнейшей особенностью архитектуры современных корпоративных информационных систем (КИС) является ее распределенный (многоуровневый) характер. Такие КИС обеспечивают доступность общих корпоративных правил и служб управления содержанием для широкого спектра клиентских приложений и корпоративных систем, не требуя при этом, чтобы службы адаптировались отдельно для каждого типа клиентского приложения. Это означает, что выполнение всей бизнес-логики и процедур будет происходить на серверном уровне, что делает пользовательские приложения унифицированными и тонкими, и основная их задача – отобразить содержание из корпоративной информационной среды на предметном уровне пользователя. С другой стороны параллельный характер распределенной архитектуры дает возможность увеличения емкости хранилищ данных, сети и серверов для повышения производительности и пропускной способности, так как в сети может появляться все больше клиентских приложений и новых информационных систем. С развитием КИС, обладающих сложной, зачастую гетерогенной структурой, одной из ключевых задач является обеспечение необходимого уровня интеграции корпоративных приложений. Исследование современных подходов к интеграции в системах с распределенной архитектурой говорит о том, что в настоящее время все они основаны на связывании подсистем через промежуточный программный слой. Наиболее важные проблемы, ко-

торые при этом возникают, — обеспечение кроссплатформенности и интероперабельности, т. е. независимости программного обеспечения от операционной среды, в которой оно должно функционировать. Программное обеспечение должно сохранять свою работоспособность при изменении количества и типов процессоров (или ядер) вычислительной системы. При этом доработка программ должна быть минимальной и не затрагивающей всю иерархию программных средств.

Современные варианты построения распределенной архитектуры

Распределенная архитектура включает в себя сервер, приложения–клиенты, сервер приложений. Сервер приложений является промежуточным уровнем, обеспечивающим организацию взаимодействия клиентов и сервера, например выполнение соединения с сервером, разграничение доступа к данным и реализацию бизнес–правил. Сервер приложений реализует работу с клиентами, расположенными на различных платформах, т.е. функционирующими на компьютерах различных типов и под управлением различных ОС. Основные достоинства распределенной архитектуры клиент–сервер:

- Снижение нагрузки на сервер;
- Упрощение клиентских приложений;
- Единое поведение всех клиентов;
- Упрощение настройки клиентов[1].

Поскольку в КИС с распределенной архитектурой клиент и сервер приложений в общем случае располагается на разных машинах, связь клиента с сервером приложений реализуется с помощью той или иной технологии удаленного доступа:

- При помощи технологий COM или CORBA, при этом на рабочей станции запускается объект, который в теории обладает доступом ко всем ресурсам компьютера;
- Сервер MTS (сервер транзакций Microsoft) — дополнения к технологии COM, и предназначенная для управления транзакциями;
- Сокеты TCP/IP (транспортный протокол/ протокол Интернета) — используется для соединения компьютеров в различных сетях, в том числе в Интернете;
- SOAP (простой протокол доступа к объектам) — служит универсальным средством обеспечения взаимодействия с клиентами и

серверами Web-сервисов на основе кодирования XML и передачи данных по протоколу HTTP[2].

При выборе способа взаимодействия всегда необходимо учитывать, что архитектура системы может измениться, может возникнуть потребность в ее перестройке или объединении с другой системой. Интероперабельность должна достигаться за счет использования стандартных и открытых протоколов [3].

С другой стороны сама интеграция в рамках КИС, как правило, осуществляется с помощью описанных ниже адаптеров.

JDBC адаптер. JDBC адаптер позволяет организовывать передачу данных между базами данных. Адаптер преобразует содержимое базы в формат XML и обратно. Использование адаптера JDBC не требует от интегрируемой системы наличия специальных сервисов, что существенно упрощает разработку и настройку модуля интеграции. К недостаткам JDBC адаптера можно отнести:

- Замедление обработки запросов на изменение или добавление, содержащих несколько строк данных, так как адаптер в таком случае передаёт каждую строчку в отдельном сообщении;
- Прямой доступ в базу данных может противоречить заложенной в систему логике;
- С помощью JDBC адаптера возможно только построение сценариев интеграции, в которых данные передаются периодически согласно некоторому регламенту.

Файловый адаптер. Файловый адаптер (FILE/FTP) — адаптер для связи приложений на основе файлового обмена данными через FTP (File Transfer Protocol). Данный адаптер для своей работы не требует от интегрируемой системы наличия специальных сервисов, что особенно важно при работе с устаревшими, унаследованными системами. Недостатки файлового адаптера:

- При использовании файлового адаптера в сценарии интеграции появляется задержка – интервал между просмотром каталога на наличие новых файлов;
- Отсутствует возможность подписи/проверки данных.

SOAP адаптер. SOAP адаптер позволяет организовать взаимодействие между удаленным клиентом и Web-сервисом поверх транспортного протокола HTTP. В адаптере SOAP поддерживается меха-

низм SSL (Secure Socket Layer), что позволяет передавать данные по защищённому соединению.

К основным достоинствам адаптера SOAP относятся:

- SOAP адаптер поддерживает механизм WSDL, который организует автоматическую синхронизацию передаваемых структур данных.
- Передача сообщений, содержащих несколько строк данных, производится быстрее, чем при применении JDBC адаптера, т.к. все данные передаются в одном SOAP(XML) сообщении.
- Передача данных осуществляется через HTTP порт, который обычно открыт в брандмауэрах.
- Соответствие принципам 3-уровневого подход к построению информационных систем, когда исключается прямой доступ в базу данных для интегрируемых приложений. Поддержка целостности данных осуществляется механизмами самой системы, что повышает уровень безопасности и надёжности работы сценария интеграции.
- Возможность построения сценариев интеграции, при которых передача данных инициируется интегрируемой системой.
- Использование стандартных средств XML для организации и группировки передаваемых структур данных[4].

Проблемы разработки КИС на основе распределенной архитектуры

С момента появления технологий описанных в вышеперечисленных методах повысилась производительность процессоров, выросли объемы и быстродействие накопителей информации, выросла доля оптоволоконных каналов связи, которые позволяют передавать огромные массивы данных с высокой скоростью. И как результат появляются новые технологии, которые способны сделать КИС более открытыми, то есть обеспечивают более высокую степень интероперабельности[5]. Однако на сегодняшний день, в силу сложной структуры, не существует четких подходов решения проблемы интеграции в КИС с распределительной архитектурой, основанных на использовании Web-технологий. Кроме того в литературе отсутствуют примеры использования и модели практического применения web-технологий для интеграции в КИС с распределенной архитектурой.

Целью данной статьи является детальное ознакомление с технологией Web Services, в частности с преимуществами которые она может дать разработчикам КИС, и предложить модель использования данной технологии при проектировании КИС на основе трехуровневой архитектурой в среде Delphi используя удаленные модули данных и готовые компоненты, которые входят в состав среды.

Распределенная архитектура на основе Web-сервисов

Web Services – новая технология для развертывания распределенных вычислительных систем. Основная причина ее появления – неспособность существующих технологий, таких как объектные системы типа COM семейства Microsoft и стандарты OMG CORBA, в полной мере обеспечить совместимость (интероперабельность) различных программных продуктов для неоднородных распределенных систем. Web Services представляет собой набора услуг в виде программных приложений, идентифицированного сетевым адресом URI (Uniform Ressource Identifier), интерфейсы и связывания (binding) которого определяются XML-средствами. Основу данной технологии составляют:

- простейшие коммуникационные Интернет – протоколы HTTP и/или SMTP;
- протоколы SOAP (Simple Object Access Protocol) для управления сообщениями в универсальном XML-формате;
- язык WSDL (Web Services Definition Language) описания интерфейса взаимодействия компонент распределенной системы[6].

Web-сервисы обеспечивают прямые взаимодействия через Интернет с другими агентами программного обеспечения, используя сообщения, основанные также на XML-формате. Данное определение Web-сервисов не предполагает использование SOAP в качестве формата или модели обработки сообщений. И при этом оно не предполагает также использование WSDL как языка описаний обслуживания. Однако предполагается, что более высокие уровни стека протокола Web-сервисов должны строиться на основе SOAP и WSDL.

Основным достижением технологии Web-сервисов является совместимость всех их реализаций, независимая от поставщиков (провайдеров) вычислительных услуг и производящих их технологий. Основу этой совместимости является последовательное применение на всех уровнях предоставления услуг Web-сервисов стандартов XML-

технологии. Так например, формат SOAP-сообщений – основной единицы передачи данных – представлен в виде XML-документа; описание интерфейса вычислительного сервиса в WSDL также представляется в XML-формате. SOAP представляет достаточно простой, основанный на XML – механизме, способ создания структурированных пакетов данных для обменов между сетевыми приложениями. SOAP содержит четыре основные компоненты:

- конверт (envelope), определяющий рамочную структуру сообщения в формате XML,
- набор правил для представления типов данных,
- соглашение о представлении вызова удаленных процедур (в режиме RPC),
- правила совместного выполнения протоколов SOAP и HTTP. SOAP может использовать также комбинацию различных сетевых протоколов, таких как HTTP, SMTP, FTP, RMI/IIOP[7].

Алгоритм создания КИС на основе протокола SOAP

SOAP – это кросс-платформенная, кросс-языковая технология запуска объектов. Основным условием при программировании SOAP является то что сервер не должен сохранять свои предыдущие состояния, т.е. результат выполнения запроса не должен зависеть от предыдущих команд, полученных сервером. Это означает, что все параметры сессии должны храниться на клиенте и передаваться серверу в составе запроса (если необходимо). Этим обеспечивается высокая устойчивость и масштабируемость системы, хотя ряд других преимуществ обычной двухзвенной архитектуры становится недоступным:

- нельзя явно управлять транзакциями с клиента (этим занимается сервер);
- нельзя заблокировать запись на время редактирования;
- нельзя одной командой передать параметры, а другой считать результат – все должно происходить в рамках одной команды;
- нельзя работать с классической связкой «мастер-деталь», однако нужно учесть что TClientDataset предоставляет для этого средство «вложенные таблицы»(nested datasets) ;
- нельзя использовать свойство ClientDataSet.PacketRecords > 0, т.к. сервер не хранит данные которые были переданы на кли-

ент, подобную функциональность приходится реализовывать при помощи дополнительных параметров запроса[8].

Алгоритм реализации технологии SOAP в среде программирования Delphi следующий:

1) После запуска Delphi необходимо выбрать в меню File | New | Other..., далее следует перейти на вкладку **Web Services** репозитория объектов(рис. 1).

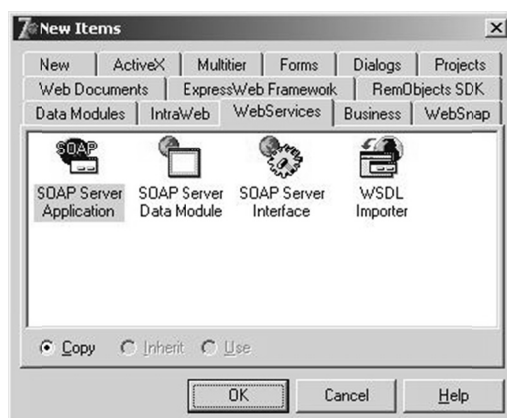


Рисунок 1 – Delphi 7 Репозиторий объектов.

2) Для создания приложения на основе технологии DataSnap которое будет функционировать как кроссплатформенный Web-сервис необходимо выбрать SOAP Server Application. После этого запустится мастер, в котором будут предоставлены следующие варианты:

- ISAPI/NSAPI Dinamic Link Libarry – подключаемая библиотека для серверов IIS/Netscape, каждый запрос передается как структура и обрабатывается отдельным тредом;
- CGI Stand-alone Executable – консольное приложение, получает запрос на стандартный вход, возвращает ответ на стандартный выход, каждый запрос обрабатывается отдельным экземпляром приложения;
- Win-CGI Stand-alone Executable – приложение Windows, обмен данными происходит через INI-файл (не рекомендуется к использованию, как устаревшее);
- Apache Shared Module (DLL) – подключаемая библиотека для сервера Apache, каждый запрос передается как структура и обрабатывается отдельным тредом;
- WebAppDebugger Executable – подключаемая библиотека для отладочного сервера, поставляемого в составе Delphi, поскольку WebAppDebugger является также COM сервером, необходимо

указать (произвольное) CoClass Name для COM объекта, с помощью которого будет вызываться веб-модуль.

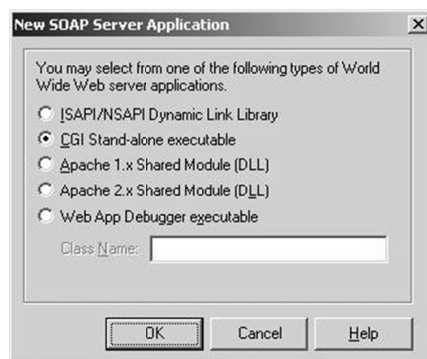


Рисунок 2 – Создание нового серверного SOAP – приложения.

Следует выбрать CGI Stand-alone Executable, как наиболее простой для отладки формат(рис. 2), потом приложение можно будет легко преобразовать в любой другой. Это возможно реализовать используя подход, при котором вся логика приложения будет сосредоточена в написанных модулях. В дальнейшем если будет необходимость создать новое приложение другого типа, к нему нужно просто подключить готовые модули. Для подтверждения выбора нужно нажать «ОК». После чего появиться всплывающее диалоговое окно(рис. 3), в котором будет предложено создать интерфейс для модуля SOAP. Ввиду того что, в данный момент не стоит задача создания Web –приложения следует выбрать «No».



Рисунок 3 – Диалоговое окно

3) После этого будет сгенерировано новое приложение, содержащее WebModule с тремя компонентами:

- THTTPSoapDispatcher – получает входящие SOAP пакеты и передает их компоненту, определенному его Dispatcher property (обычно THTTPSoapPascalInvoker);
- THTTPSoapPascalInvoker – получает входящий SOAP запрос, находит в Invocation Registry вызываемый метод, выполняет (invokes) его, формирует ответ и передает его обратно THTTPSoapDispatcher;

- TWSDLHTMLPublish – формирует WSDL (Web Services Description Language), описание данных и интерфейсов, поддерживаемых модулем(рис. 4).



Рисунок 4 – SOAP Web модуль с компонентами.

4) Далее следует сохранить созданное приложение, оно будет основой сервера.

5) Web-модуль SOAP следует сохранить в файле SWebMod.pas и весь проект в файле D7DB2CGI.dpr

6) Для соединения с базой данных в проект необходимо добавить модуль данных SOAP. Для этого нужно использовать второй значок на вкладке WebServices репозитория объектов. В конструкторе модуля данных SOAP необходимо указать имя нового модуля данных – D7DB2SAMPLE (рис. 5).

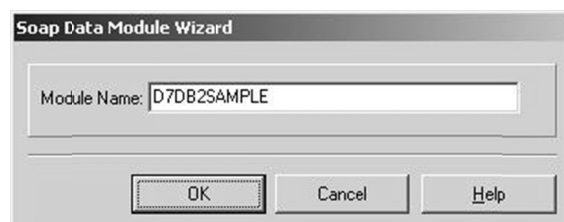


Рисунок 5 – Мастер нового модуля данных SOAP.

7) Модуль данных SOAP сохраняется в файле SDataMod.pas. Для того чтобы приложение функционировало как DataSnap SOAP – сервер необходимо использовать компоненты доступа к данным dbExpress™. На стороне сервера необходимо добавить компонент TDataSetProvider. На стороне клиента DataSnap SOAP используется TSOAPConnection and TClientDataSet

8) Далее необходимо снова воспользоваться компонентами dbExpress. Сначала в модуль данных SOAP добавляется компонент TSQLConnection. Значение свойства ConnectionName этого компонента нужно сменить на DB2Connection, затем необходимо проверить параметры соединения (есть ли у свойств User_Name и Пароль значения),

и наконец необходимо установить свойство `LoginPrompt` в значение `False`. Если при этом свойство `Active` установиться на `True` без проблем, то это значит что можно установить соединение к Базе данных DB2 SAMPLE.

9) Следующим шагом будет добавление в модуль данных SOAP компонента `TSQLDataSet` и трех компонент `TSQLTable`, по одному для каждой из трех подробных таблиц базы данных DB2, которые будут использоваться в этом многоуровневом приложении (`EMP_ACT`, `EMP_PHOTO`, и `EMP_RESUME`).

10) В компоненте `TSQLDataSet` с именем `SQLdsEMP` следует установить следующие значения его свойств: свойства `Connection` – `SQLConnection1`, свойства `CommandType` – `ctTable`, а свойства `CommandText` – `EMPLOYEE`. Далее в модуль данных SOAP нужно поместить компонент `TDataSetProvider`, который находится на вкладке `Data Access`. Затем следует установить следующие значения его свойств: свойства `Name` – `dspEMPLOYEE`, а свойства `DataSet` – `SQLdsEMP`.

11) Также необходимо убедиться, что для каждой из таблиц `EMP_ACT`, `EMP_PHOTO`, и `EMP_RESUME` значение свойства `SQLConnection` такое же как и свойство `TableName`.

12) Для построения соотношением один-ко-многим, необходим компонент `TDataSource` (`dsEMP`), который указывает на `SQLdsEMP`. Теперь все три компонента `TSQLTable` должны указать в своих свойствах `MasterSource` на компонент `DataSource`. Далее в свойстве `MasterFields` таблиц `SQLTables` необходимо указать поля `EMPNO`, чтобы определить соотношением один-ко-многим снова.

Теперь модуль данных SOAP должен выглядеть так как на рис. 6.

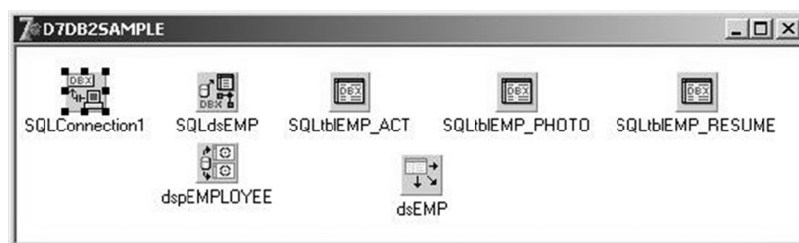


Рисунок 6 – Модуль данных SOAP с компонентами dbExpress.

Следующим шагом будет развертывание серверного приложения на компьютере-сервере. После сохранения и компиляции проекта появится файл `D7DB2CGI.exe`, который необходимо разместить в дирек-

тории скриптов Web-сервера или в директории cgi-bin. Очевидно, что после того как приложение будет размещено в этой директории, все еще будет требоваться чтобы оно было способно получать доступ к базе данных, поэтому придется настроить параметры соединения SqlConnection, для того чтобы соединиться с нужной базой данных.

Если в адресной строке браузера ввести путь к директории где находится файл D7DB2CGI.exe: <http://localhost/cgi-bin/D7DB2CGI.exe>, то в окне браузера отобразится информация о доступных сервисах на SOAP-сервере.(рис.7)

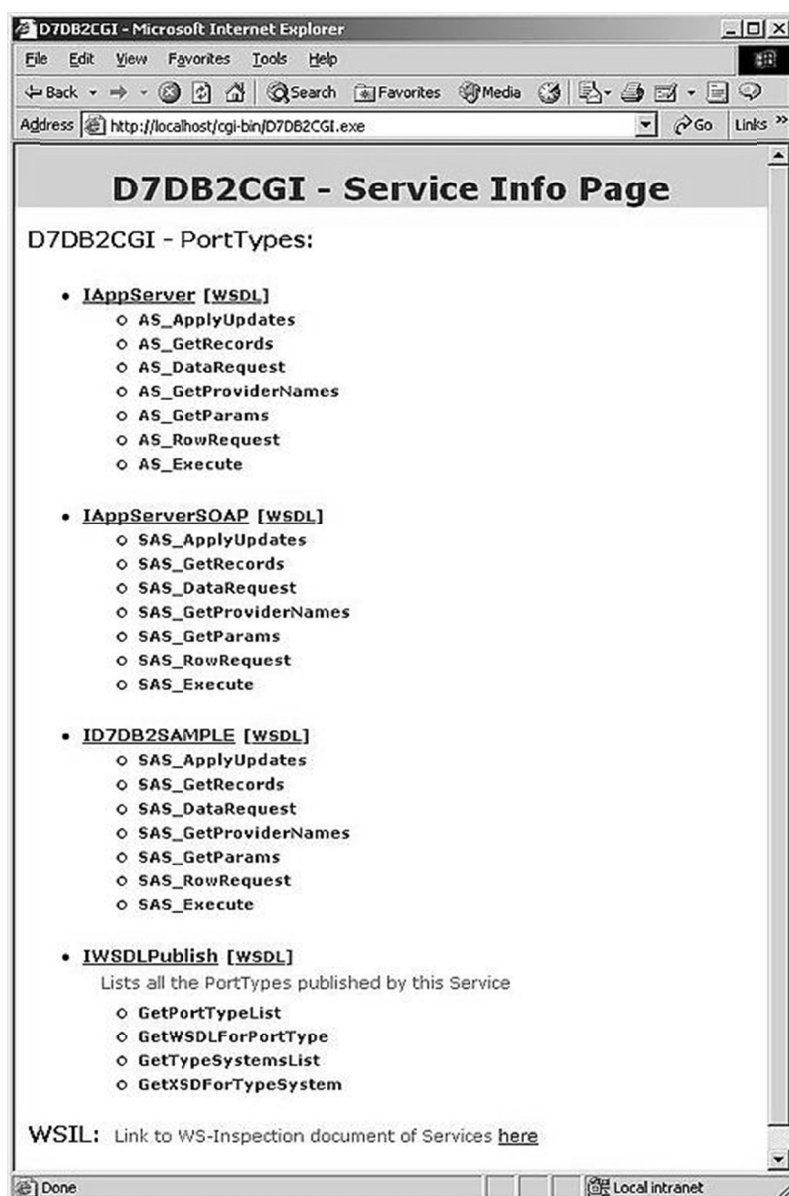
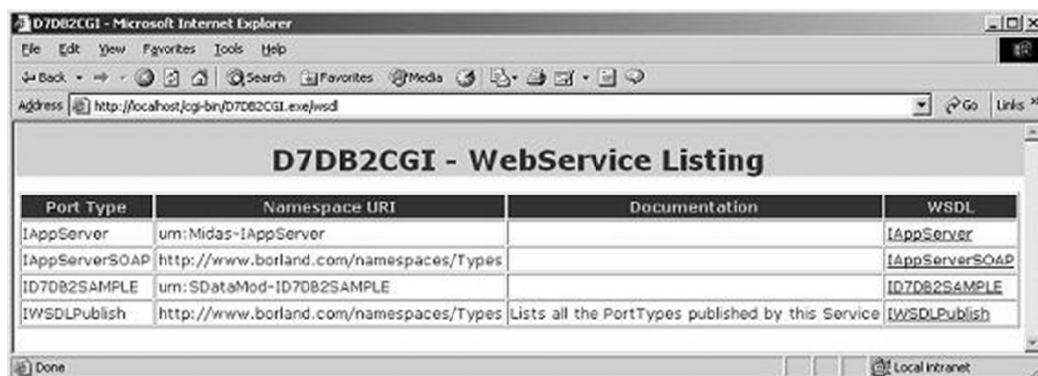


Рисунок 7 – Сервисная информация для Web сервиса D7DB2CGI.

Стоит отметить что Web-сервис будет предоставляет не менее четырех интерфейсов. Первые три указывают на тот же сервис, а именно на DataSnap Web-модуль SOAP, который предоставляет информа-

цию о себе внешнему миру, используя интерфейсы IAppServer, IAppServerSOAP, и ID7DB2SAMPLE. Если в конце адресной строки(URL) добавить «/WSDL», то получим список реализуемых Web-сервисом интерфейсов(рис. 8). Это формальная возможность SOAP-сервера, которая заключается в предоставлении информации о своих возможностях SOAP-клиентам, которые хотят использовать сервер.



Port Type	Namespace URI	Documentation	WSDL
IAppServer	urn:Midas-IAppServer		IAppServer
IAppServerSOAP	http://www.borland.com/namespaces/Types		IAppServerSOAP
ID7DB2SAMPLE	urn:SDataMod-ID7DB2SAMPLE		ID7DB2SAMPLE
IWSDLPublish	http://www.borland.com/namespaces/Types	Lists all the PortTypes published by this Service	IWSDLPublish

Рисунок 8 – Листинг Web-сервиса для D7DB2CGI

Для данного SOAP-сервера формальную WSDL спецификацию можно получить если добавить имя интерфейса после /WSDL в адресной строке (URL). Для интерфейса IAppServer URL для получения WSDL спецификации будет выглядеть следующим образом:

<http://localhost/cgi-bin/D7DB2CGI.exe/wsdl/IAppServer>.

Создание клиента на основе SOAP. После этого при наличии WSDL , можно создать SOAP-клиент. Чтобы продемонстрировать кроссплатформенность подхода, используемого в статье, клиент будет развернут в ОС Linux. Разработка клиента проходит в системе Kylix. Кроме того, необходимо использовать реальный IP –адрес или DNS серверной машины, на которая развернут SOAP-сервер.

1) После запуска Kylix 3 Enterprise необходимо создать новое приложение. Чтобы установить соединение с SOAP-сервером нужно разместить на форме нового приложения компонент TSOAPConnection, который находится на вкладке Web Services. В свойстве URL этого компонента необходимо установить значение <http://192.168.34.101/cgi-bin/D7DB2CGI.exe/soap/IAppServer>. Где 192.168.34.101 – IP –адрес машины, на которой развернут SOAP-сервер.

2) Кроме того на форме должны быть размещены четыре компонента TClientDataSet. Их имена: cdsEMP, cdsEMP_ACT, cdsEMP_PHOTO, и cdsEMP_RESUME соответственно. Кроме них

нужны еще четыре компонента TDataSource с именами dsEMP, dsEMP_ACT, dsEMP_PHOTO, и dsEMP_RESUME соответственно. После размещения последних необходимо установить связь между ними и компонентами TClientDataSet.

3) После запуска редактора полей на компоненте cdsEMP двойным щелчком мыши, правым щелчком внутри редактора полей нужно вызвать контекстное меню и выбрать «Добавить все поля». В результате, станут доступны не только все поля из таблицы Employee, но и три специальных поля – SQLtblEMP_RESUME, SQLtblEMP_PHOTO, и SQLtblEMP_ACT.

4) После добавления устойчивых полей, следует установить свойства DataSetFields, чтобы гарантировать, что три детализированных компонента TClientDataSet соединились через главный набор данных cdsEMP:

- В компоненте DataSetField значение свойства cdsEMP_ACT необходимо изменить на cdsEMPSQLtblEMP_ACT;
- В компоненте DataSetField значение свойства cdsEMP_PHOTO необходимо изменить на cdsEMPSQLtblEMP_PHOTO;
- В компоненте DataSetField значение свойства cdsEMP_RESUME необходимо изменить на cdsEMPSQLtblEMP_RESUME.

5) Затем на форме необходимо разместить кнопку для обновления БД(вставка, правка и удаление записей) с именем ApplyUpdates, и добавить для нее обработчик событий(рис. 9).

```
procedure TForm3.btnApplyUpdatesClick(Sender: TObject);
```

```
begin cdsEMP.ApplyUpdates(0) end;
```

6) Отдельно необходимо написать обработчик событий OnCreate и OnDestroy чтобы явно открыть компонент TClientDataSet cdsEMP (при запуске приложения), и, чтобы проверить, были сделаны какие либо изменения при вызове обработчика кнопки ApplyUpdates (когда приложение снова будет закрыто).

```
procedure TForm3.FormCreate(Sender: TObject);
```

```
begin cdsEMP.Active := True end;
```

```
procedure TForm3.FormDestroy(Sender: TObject); begin if
```

```
cdsEMP.ChangeCount > 0 then cdsEMP.ApplyUpdates(0); end
```

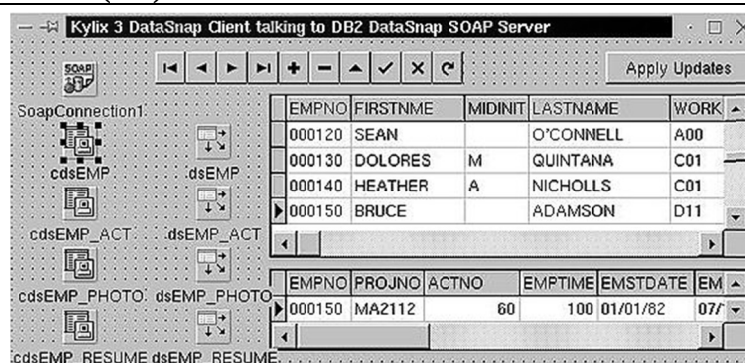


Рисунок 9 – Форма SOAP-клиента на этапе проектирования в Kylix 3.

После компиляции и запуска приложения написанного на Kylix, SOAP-клиент на Linux будет иметь следующий вид(рис. 10).

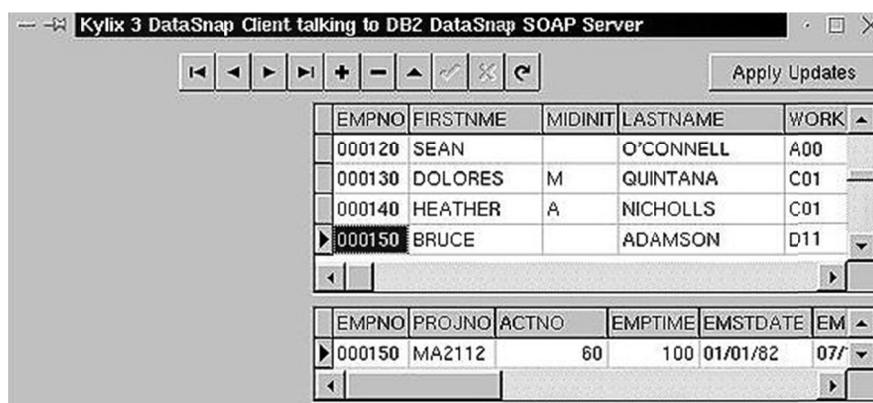


Рисунок 10 – SOAP-клиент в Kylix 3.

Выводы

Методика, приведенная в статье позволяет разрабатывать кроссплатформенные приложения основанные на технологии Web-сервисов. Таким образом КИС с распределенной архитектурой, которые построены на базе Web-технологий, обеспечивают хорошее масштабирование, понятный и прозрачный процесс администрирования, а также позволяют достаточно просто организовывать удаленный доступ к вычислительным ресурсам, вместе с тем, они не требуют специфического клиентского программного обеспечения, таким образом, достигается кроссплатформенность всей системы в целом. Web-сервисы представляются наиболее подходящим решением для разработки КИС с распределенной архитектурой. Однако существует альтернатива – это семантический Web (Semantic Web), о необходимости создания которого уже пять лет назад говорил создатель WWW Тим Бернерс-Ли. Если задача Web-сервисов – облегчить коммуникацию между приложениями, то семантический Web призван решить гораздо более сложную проблему – с помощью механизмов метаданных

повысить эффективность поиска ценной информации в сети. Сделать это можно, отказавшись от документно-ориентированного подхода в пользу объектно-ориентированного.

ЛИТЕРАТУРА

1. Андрей Крупин. Архитектура информационных систем. – Компьютерра. – 2009. – №12. – С.39–46.
2. Евгений Марков. Архитектура распределённых приложений. Компьютерная неделя. – 2008. – №15. – С. 102–109.
3. Батоврин В.К. Основные направления работ по обеспечению интероперабельности. Третья всероссийская конференция «Стандартизация информационных технологий и интероперабельность». – 2009. – С.12–15
4. А. А. Коротенко, С. В. Сапегин. Подходы к интеграции корпоративных информационных систем на основе sap XI. Вестник ВГУ, серия: системный анализ и информационные технологии. – 2009. – №1 – С.117–121.
5. О.Ю. Покровский. Анализ архитектур распределенных систем. Перспективные информационные технологии и интеллектуальные системы. – 2005. – № 1. – С.71–78.
6. Eric Newcomer. Understanding Web services: XML, WSDL, SOAP, and UDDI. – Addison-Wesley Professional, 2002. – С 150–157.
7. Ю.Е.Купцевич. Альманах программиста, том II: ASP.NET, Web-сервисы, WEB-приложения. – М.: Издательско-торговый дом "Русская Редакция", 2005. – С 204–207.
8. Брайан Тревис. XML и SOAP программирование для серверов BizTalk. Новейшие технологии. – Русская Редакция, 2007. – С. 212–218.

ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДОЛОГІЇ ПЕРЕДБАЧЕННЯ ДЛЯ СУПРОВОДУ ПРОЦЕСУ НОРМОТВОРЕННЯ ЕЛЕКТРОННИМ ПАРЛАМЕНТОМ.

Анотація. Показано необхідність застосування методології передбачення у процесі нормотворення під час діяльності електронного парламенту. Запропоновано використання інформаційної платформи сценарного аналізу як базового інструментарію технологічного передбачення. Сформульовано вимоги до системи інформаційно-аналітичного супроводу роботи електронного парламенту.

Ключові слова: Передбачення, інформаційно-аналітичне забезпечення, е-парламент

Необхідність створення сучасної системи інформаційно-аналітичного забезпечення державного управління, у тому числі законотворчої та правозастосовної діяльності, зумовлена потребою формування відповідного наукового напрямку. В науці цей напрямок знайшов своє місце у такій міжгалузевій комплексній дисципліні, як правова інформатика. Вирішення проблем розбудови організаційних основ держави викликало потребу формування відповідної нормативно-правової бази. Це, у свою чергу, зумовило потребу піднесення якісного рівня та скорочення технологічного циклу правотворчого процесу (аналізу, експертизи, обґрунтування) з наступним розглядом у відповідних органах державної влади проектів нормативних актів. Нагальною потребою стало своєчасне інформування структур державної влади, суспільства і громадян про чинні закони та підзаконні акти, тлумачення їх.

У сучасному комп'ютеризованому світі парламенти мають використовувати ІКТ для забезпечення більшої презентабельності, прозорості, доступності, звітності та ефективності своїх функцій. Застосовуючи нові технології парламенти мають звертати увагу на проблеми, котрі виникають при глобальних спробах створити рівноправне, демократично спрямоване цілісне інформаційне суспільство. Способи, до яких вдасться парламент для втілення ІКТ у своєму середовищі, вплинуть на характер інформаційного суспільства у відповідній країні, а також на їхній внесок у створенні такого суспільства [1].

В 2008 році ООН презентувала звіт про електронні парламенти.

типу і він містить інформацію, яку надали понад сто асамблей з усього світу [1]. Мета звіту полягає не у класифікації законодавчих органів за рівнем розвитку їх електронних парламентів, а у стимулюванні міжнародної дискусії на цю тему, тоді, як зростає міжпарламентська співпраця. З уваги на це, у звіті подано загальний огляд проблем для широкого кола зацікавлених читачів.

В 2010 році ООН оприлюднила новий звіт про стан справ з розробками електронних парламентів в країнах світу [2]. Належне місце в цьому звіті було відведено парламентським бібліотекам і дослідницьким службам. Згідно цього Звіту парламентські бібліотеки та дослідницькі служби грають особливу роль в залученні новітніх технологій задля всього парламенту, як законодавчої установи.. Вони надають інформацію та підтримку в наукових дослідженнях для всіх членів парламенту і для всіх парламентських комітетів. Ці установи усвідомлюють, як інтегрувати парламентські документи для поліпшення процесу створення більш повних і корисних законодавчих актів та інших нормотворчих документів, і вони можуть забезпечити більш глибоке розуміння політичного, економічного і соціального контексту законопроектів, пов'язуючи їх з ресурсами поза парламентом (рис.1).

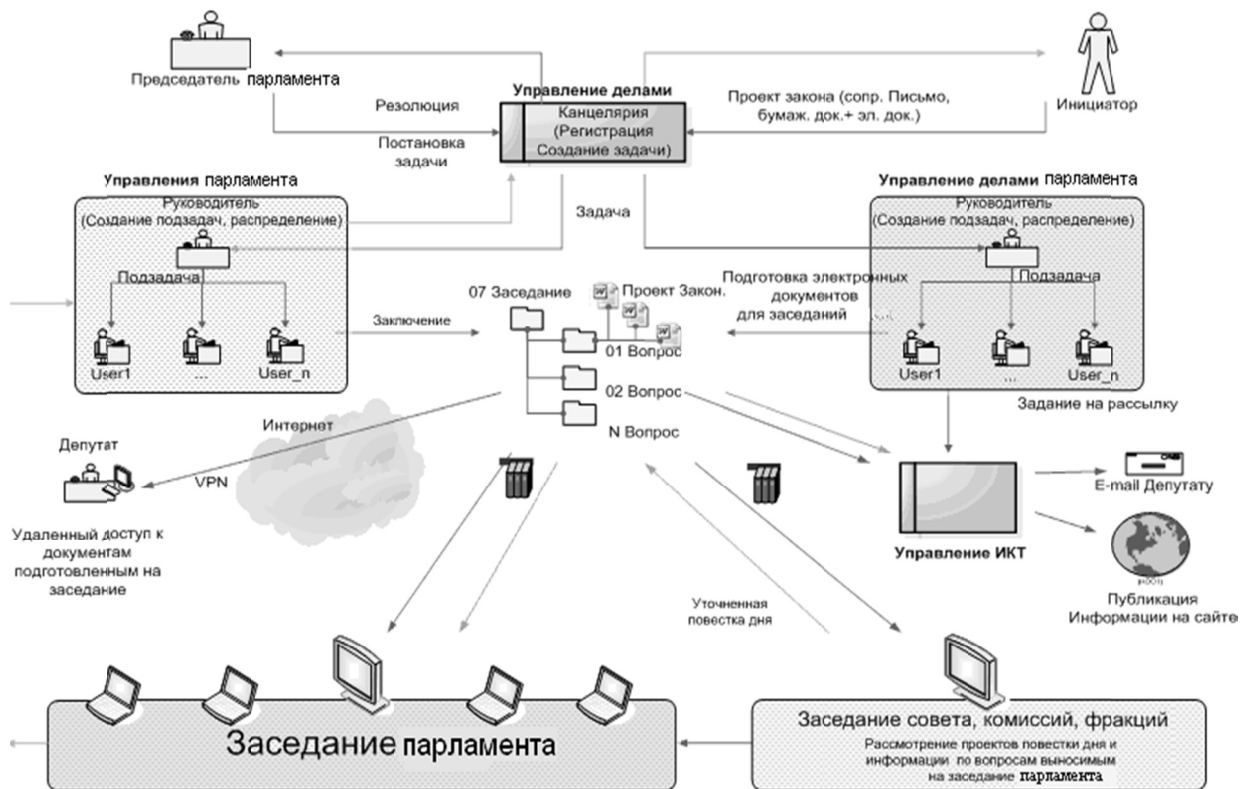


Рисунок 1 – Сучасний стан е-парламенту на світовому рівні

Всі відомі розробки в галузі розвитку електронного парламентаризму, всі концептуальні поради Всесвітнього центру інформаційно-комп'ютерних технологій для парламенту (Global Center of ICT for Parliament) наголошують, що головним чинником розробок в галузі електронного парламенту є полегшення роботи власне парламенту, полегшення доступу до інформації щодо роботи самого парламенту, пришвидшенню обміну інформацією між підрозділами парламенту, а також між парламентом та іншими урядовими підрозділами. Все це забезпечується за допомогою використання сучасних інформаційних систем, комп'ютерних технологій, досягненнями людства в обробці та передачі даних. Ретельно прописуються розділи, що мають бути у веб-сайтах парламентів і парламентських бібліотек.

Але в жодній розробці не йдеться мова про хоч будь-який механізм, який можливо залучати для аналітичного супроводження при прийнятті того чи іншого нормативного акту. Тим більше, передувати його розробці, або обґрунтовувати його необхідність. Роль дослідницьких служб, як правило, зводиться до розробки засобів зв'язку, методів зберігання інформації, оприлюднення тощо.

Разом з тим, важливою особливістю нинішнього етапу розвитку суспільства є те, що у галузях виробництва, торгівлі, сферах надання послуг, банківської та фінансової, у нормативно-правовій й законодавчої діяльності постійно нарастають потоки інформації, що набувають характеру масовості. Завдяки стрімкому розвитку інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ), зростанню кількості ринків послуг з їхнім використанням, ІКТ стали вже невід'ємними елементами більшості застосувань, забезпечення функціонування яких значною мірою пов'язане із доступністю та ефективністю цих послуг.

Враховуючи надзвичайно високий ступень інтеграції багатьох технологій, у першу чергу інформаційних, у всіх сферах людської діяльності, однією з найголовніших умов підвищення ефективності державного управління стає врахування викликів переходу до нової постіндустріальної форми суспільства – інформаційного суспільства, що відбувається вже в наш час у багатьох країнах світу і, власне, й в Україні.

Реалізація проблеми полягає в розробці та проектуванні системи аналітичного супроводження і прийняття рішень, що забезпечить інтелектуальну підтримку процесів, пов'язаних з розробкою рішень, що

розробляються парламентом (рис. 2). Це фактично система, що дозволяє реалізовувати кроки аналітичного процесу.



Рисунок 2 – Структурна схема загальної структури системи аналітичного супроводження і прийняття рішень

Узагальнюючи, визначимо, що інформаційно-аналітичний простір парламенту – це середовище, де здійснюється формування, збір, зберігання та розповсюдження інформації, інформаційна взаємодія підрозділів, дослідницької служби і користувачів систем аналітичної підтримки.

Інфраструктура інформаційно-аналітичного простору – це система організаційних структур, що забезпечують функціонування та розвиток інформаційного простору, аналітичних засобів і механізмів їх взаємодії. Тобто інформаційно-аналітична інфраструктура являє собою сукупність даних (структурованих чи неструктурованих); засобів збору, накопичення, обробки, збереження та розповсюдження інформації; системи виробництва інформаційних ресурсів; системи аналітичного забезпечення і прийняття рішень; інструктивних матеріалів і документації; людини як активного фактора впливу на інформаційний простір. Інформаційно-аналітичний ресурс – це складова інформаційно-аналітичного простору, що поєднує в собі дані, їхнє

місцезнаходження, взаємозв'язок між інформаційними елементами, системи аналітичного супроводження і прийняття рішень та відомості про процеси надходження, зберігання, обробки тощо.

Таким чином, інформаційно-аналітичну інфраструктуру можна уявити як деяку мегасистему множин, що може бути визначена у трьох основних «координатах», що відображають такі основні аспекти державного управління та законотворчої діяльності: функціональний, галузевий та територіальний.

Фундаментальна відмінність систем суспільного управління взагалі і систем державного управління у тому числі від суто технічних систем полягає у тому, що ці системи є людино-машинними, де атрибутами управління є людський та суспільний фактори, а об'єктами управління у парламенті можуть виступати колективи людей, регіони, господарські галузі і навіть цілі суспільні підсистеми (рис. 3).



Рисунок 3 – Функціональна схема розгорнутого аналізу ситуацій

Очевидно, що державні служби та особливо парламент повинні користуватися найкращими і найсучаснішими технологіями в сфері комунікацій, електронної пошти і електронного документообігу, які не поступаються технологіям корпоративного і приватного сектора.

У зв'язку з цим інформатизація державного управління як такого має передбачати побудову на єдиній методологічній і програмній основі автоматизованих інформаційно-аналітичних систем органів влади як основних елементів інфраструктури інформаційного простору державної влади, головним завданням яких має стати створення та підтримка банків даних, забезпечення доступу до міжнародних інформаційних мереж, аналітичний моніторинг результативності та ефективності управлінської діяльності органів влади тощо. При цьому слід вважати, що такі системи є основним засобом забезпечення інформаційної безпеки влади.

Необхідно констатувати, що у вказаних умовах як складовий елемент системи державного управління, а також як основний засіб усунення кризових і передкризових явищ шляхом використання даних для підготовки рішень слід розглядати інформаційно-аналітичний простір парламенту та динаміку інформаційної взаємодії парламенту із суспільством.

Таким чином, структура системи аналітичного супроводження і прийняття рішень ІАС “Електронний парламент” не може бути визначеною однозначно й назавжди. Її лише можна подати як деяке віртуальне середовище у вигляді таких аспектно-атрибутивних переплетінь структур реальності, де уточнення чи зміна будь-якого з атрибутів або аспектів будь-якої структури реальності по атрибутивним ланцюжкам веде до миттєвого поновлення всього зведення знань. Власне з цього середовища в процесі декомпозиції можна лише виділити ряд предметів аналізу, які в реалізації набудуть вигляду реальних структур (підсистем, автоматизованих робочих місць) системи.

Відносно України, де розробки електронного парламенту на рівні концепцій ведуться вже деякий час, то необхідність створення аналітичного обґрунтування прямо міститься в законодавстві України (Стаття 91 Регламенту Верховної ради України) [7]. У зв'язку з цим важливою науковою та прикладною проблемою постає розробка методологій і підходів створення ІАС “Електронний парламент України” в цілому та системи аналітичного супроводження і прийняття рішень ІАС “Електронний парламент України” на основі прогресивних інформаційно-комунікаційних технологій як складних соціотехнічних систем аналітичної обробки інформації.

В Навчально-науковому комплексі «Інститут прикладного системного аналізу» розробляється інструментарій для автоматизованого забезпечення процесу технологічного передбачення. Основою системи інформаційно-аналітичного супроводження процесу нормотворення “Електронного парламенту України” є методології передбачення та сценарного аналізу, що об’єднані принципом системності. Процес прийняття рішень проходить у відповідності до цілей, сформульованих користувачами системи та наявною інформацією, що поступає з різних джерел даних, насамперед з бази даних. При цьому враховуються множина комплексу існуючих обмежень законодавчого, політичного, соціального, технічного та економічного характеру [3-6].

Дані наробітки можуть бути застосовані до реалізації процесу передбачення в різних міждисциплінарних областях діяльності, при цьому витрати ресурсів на побудову статичної структурної ієрархії знижуються, а сама ієрархія може бути легко декомпозована, а операції взаємного запозичення частин гілок ієрархії для опису складних по своїй структурі систем не порушують цілісності вихідної ієрархії в базі знань (не утворюють складні нелінійні прямі і зворотні зв’язки до інших гілок). Зазначений підхід виправдав себе в роботі по передбаченню в технічній діяльності з урахуванням зв’язків і показників у соціальній та економічній сферах - дозволив в обмежені терміни побудувати цілісну базу знань для проведення експериментальної сесії передбачення із збереженням результатів в електронному вигляді.

В результаті технологічного передбачення можливо оперативно відстежувати якісні характеристики процесу передбачення (кількість заходів, якість знань); ефективно приймати управлінські рішення щодо ходу процесу передбачення (на базі інформації про послідовність заходів, необхідній кількості експертів, глибині декомпозиції в базі знань); моделювати процес передбачення з точки зору забезпечення ресурсами в рамках обраного рівня невизначеності та масштабу (часу, людськими ресурсами тощо); локалізувати протиріччя в базі знань; відображати зведені інформаційні характеристики знань (кількість і типи зв’язків, факторів, оцінок тощо) і заходів (тривалість, які вирішуються завдання, рекомендовані методи та ін) процесу передбачення в рамках єдиної інформаційно-аналітичної системи.

При реалізації запропонованих розробок щодо технологічного передбачення Україна може бути в лідерах серед країн світу з розробки відповідної інформаційно-аналітичної служби супроводу роботи парламенту

ЛІТЕРАТУРА

1. World e-Parliament Report 2008.
<http://www.ictparliament.org/wepr2008>
2. World e-Parliament Report 2010.
<http://www.ictparliament.org/wepr2010>
3. Згуровский М. З., Панкратова Н. Д. Информационная платформа сценарного анализа задач технологического предвидения //Кибернетика и системный анализ. №. –2003. - С. 112 – 124.
4. Панкратова Н. Д. Системная оптимизация конструктивных элементов современной техники //Кибернетика и системный анализ, 2001, 3. С.119-131.
5. Згуровский М. З., Сценарний аналіз як системна методологія передбачення // Системні дослідження та інформаційні технології.. – 2002.- №1 - С. 7 – 38.
6. Згуровский М. З., Панкратова Н. Д. Системный анализ. Проблемы. Методология. Применение. – Київ. – Научно-производственное «Научная думка» НАН Украины, 2011.- 726 с.
7. Про Регламент Верховної Ради України. Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2006, N 23, N 24-25,

ГРАФ ГРОШОВИХ ПОТОКІВ В ОБЛІКУ ГОСПОДАРСЬКИХ ОПЕРАЦІЙ

Анотація. Розглянуто моделювання ситуації на рівні первинного представлення предметної області про облік господарських операцій суб'єкта господарювання. Процеси обліку об'єднуються у вигляді направленого графа грошових потоків, який візуалізує і оцінює результати обліку при фінансово-господарській діяльності. Отримана внаслідок цього інформація дозволяє однозначно встановлювати всі необхідні бухгалтерські проведення і на їх підставі отримати вторинний облік – сальдовий баланс, баланс, реєстри. Завдяки візуалізації процесів предметної області можливими застосуваннями графа грошових потоків може бути використання його як елемент інтерфейса комп'ютерної програми, а також для створення моделей систем структурного моделювання.

Ключові слова: граф моделі, структурне моделювання, імітаційні системи.

Під моделюванням звичайно розуміють вивчення деяких об'єктів чи процесів не прямо і безпосередньо, а через спеціально створені зображення, що відбивають їх образи й описи. Факти господарського життя підприємства майже завжди вивчалися за допомогою спеціальних облікових прийомів, що виступали і продовжують виступати в ролі своєрідних моделей. Для них характерний рух від ізоморфізму – прагнення до максимально повного ("дзеркального") відображення господарського процесу, до гомоморфізму, що розкриває найбільш характерні й принципово важливі його сторони. Вся історія бухгалтерського обліку – це історія розвитку моделей, від більш простих (ізоморфних) до все більш складних і абстрактних (гомоморфних), що дозволяє спростити управління господарськими процесами і зробити його більш ефективним [2, 4].

Підхід до бухгалтерського обліку як до інформаційної моделі господарського процесу простежується вже в роботах російських вчених Є.Є. Сіверса і М.О. Блатова, які, висловлюючись сучасною мовою, розробили комплексні моделі обліку господарських операцій для різних галузей діяльності. Не застосовуючи самого терміну "моделювання", ці автори зробили спробу знайти те загальне, що пов'язує і визначає організацію бухгалтерського обліку в різних галузях суспільного виробництва, тобто побудувати загальну модель обліку. Так, М.О. Бла-

тов [2] сконструював спеціальну модель усіх можливих видів обміну в господарстві, які відображаються подвійним записом (рис. 1).

В моделі М. О. Блатова використовуються позначення: Р – речові цінності, Г – гроші, У – умовні цінності. У цій моделі представлені такі потоки: 1 – обмін речових цінностей на гроші (наприклад, продаж населенню товарів); 2 – обмін грошей на речові цінності (наприклад, купівля домашніх предметів у населення в скупних пунктах); 3 – обмін грошових цінностей на умовні, тобто обіцянка платежу (наприклад, продаж товарів населенню в кредит); 4 – обмін умовних цінностей на речі (наприклад, отримання товарів, зобов'язання їх оплатити – акцепт рахунка постачальника); 5 – обмін грошей на умовні цінності (наприклад, видача грошей під звіт агенту, який повинен звітувати за отриману суму); 6 – обмін умовних цінностей на гроші (наприклад, оплата рахунка постачальника); 7 – обмін одних речових цінностей на інші (наприклад, розбирання споруди на матеріали); 8 – обмін одних умовних цінностей на інші (наприклад, до фонду підприємства приєднано засоби бюджетного фінансування, проведено або за-раховано заборгованість).

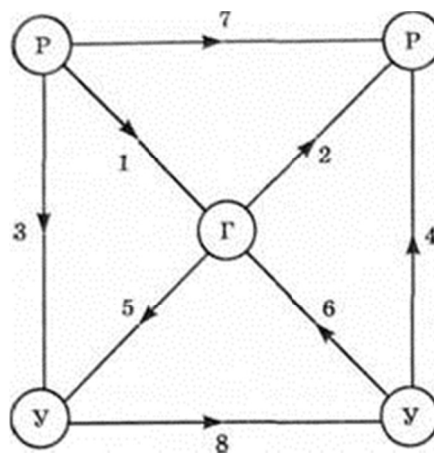


Рисунок 1 – Модель професора М.О. Блатова

Модель побудована на загальних принципах дає методику дослідження методу обліку, прийняту для всіх галузей та підприємств. Разом з тим, як показує історія моделі М. О. Блатова, – модель обліку господарських операцій не залишається незмінною, вона може змінюватись, розвиватися. Уявно продовживши цей розвиток, можна представити собі той граничний ідеальний стан, до якого він направлений. За мірою наближення моделі до ідеалу число пояснюючих факторів повинно збільшуватись, а число вихідних положень – зменшу-

ватись. Таким чином в ідеальній моделі всі часткові закономірності повинні виводитись з одного центрального принципу.

Центральними принципами в інформаційній моделі обліку господарських операцій є – принцип для опису оборота капітала (рис.2) та принцип балансу.

$$\frac{Г - Т - Г}{Т - Г - Т} n \qquad \frac{\text{гроші} - \text{товар} - \text{гроші}}{\text{товар} - \text{гроші} - \text{товар}}$$

Рисунок 2 – Зображення принципу оборота капітала

Прийmemo що в розглянутій інформаційній моделі обліку господарських операцій є n рахунків $u_1, u_2, \dots, u_n$, а q_{ij} – доля грошових одиниць рахунка u_i , яка переходить в рахунок u_j за період часу, вибраного в якості звітного, наприклад, за один місяць. Тоді отримаємо математичну модель грошового обміну між рахунками. Враховуючи такий грошовий обмін між рахунками розглянемо модель обліку господарських операцій у вигляді графа грошових потоків (рис. 3)

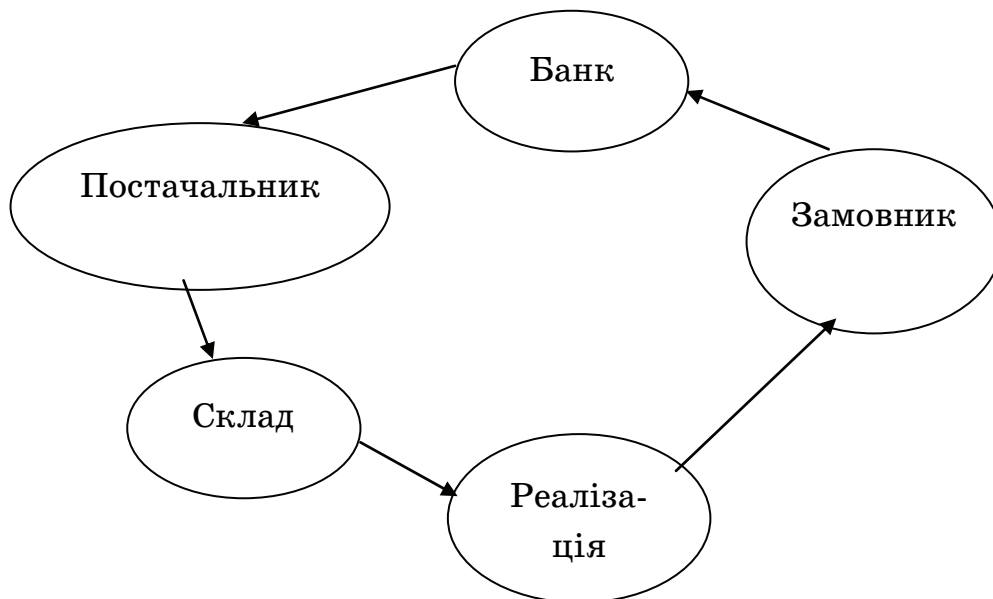


Рисунок 3 – Граф грошових потоків.

Для графа грошових потоків використовуються позначення: Банк – поточний рахунок підприємства, Постачальник – постачальник товарів для підприємства, Склад – приміщення для зберігання отриманих товарів, Реалізація – продаж на підприємстві товарів з націнкою, Замовник – покупець відпущених товарів. На графі (рис.3) представлені такі грошові потоки: “Банк - Постачальник” – оплата рахунка постачальника; “Постачальник - Склад” – прийнятий товар на склад від постачальника; “Склад - Реалізація” – списання вартості продано-

го товару; “Реалізація - Замовник” – продаж товару з націнкою; “Замовник - Банк” – оплата рахунка замовником.

Оскільки у графі на рис.3 присутній принцип для опису оборота капітала “гроші – товар – гроші”, який очевидний та принцип балансу, застосування графа грошових потоків для моделювання обліку господарських операцій є правомірним. Для застосування графа на практиці необхідно в його структуру ввести всі відповідні господарські операції підприємства. Продемонструємо таке введення на прикладі операцій з доданою вартістю (рис. 4.).

Для графа на рис. 4 використовуються субрахунки: 311 – “Поточні рахунки в національній валюті”, 631 – “Розрахунки з вітчизняними постачальниками”, 281 – “Товари на складі”, 641 – “Розрахунки за податками”, 791 – “Результат основної діяльності”, 361 – “Розрахунки з вітчизняними покупцями”. На графі (рис.4), порівняно з графом на рис. 3, представлені такі додаткові грошові потоки: “Кр 281 – Дб 641” – податковий кредит; “Кр 641 – Дб 361” – податкові зобов’язання; “Кр 311 – Дб 641” – сплата податку на додану вартість. Аналогічно у граф вводяться й інші господарські операції.

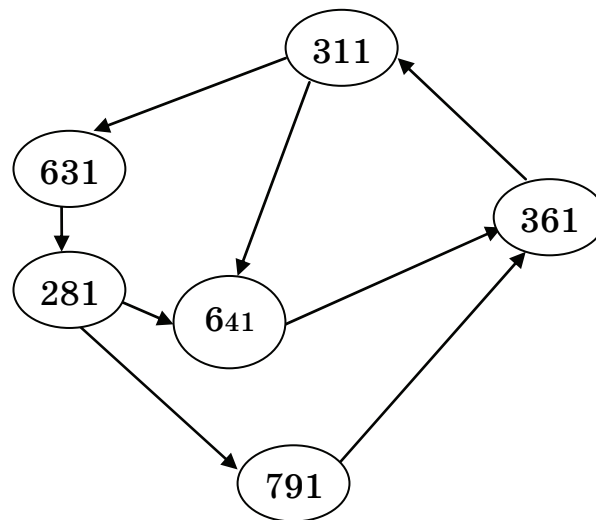


Рисунок 4 – Облік операцій з доданою вартістю за допомогою графа грошових потоків

Граф грошових потоків моделює ситуацію на рівні первинного представлення предметної області про облік господарських операцій, візуалізує і оцінює результати обліку при фінансово - господарській діяльності суб’єкта господарювання.

На рис. 5 представлений граф грошових потоків торгового підприємства. Підприємство має 24 магазини, склади, офіс.

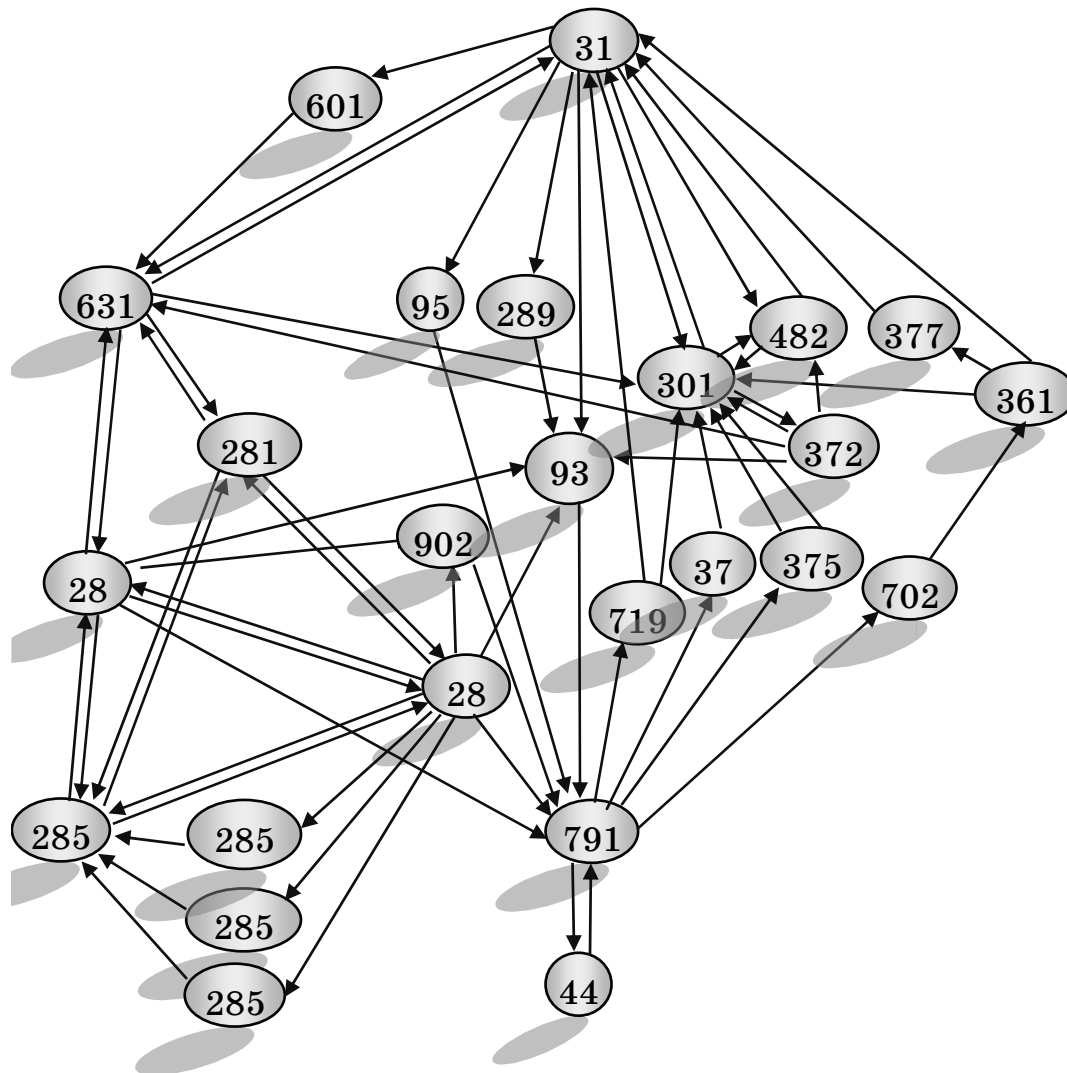


Рисунок 5 – Граф грошових потоків торгового підприємства

За допомогою графа на рис. 5 однозначно і без труднощів можна встановити відповідні бухгалтерські проведення. Частина таких проведень представлена у таблиці 1.

Ще одним з можливих застосувань графа торгового підприємства (рис. 5) може бути використання його як елемент інтерфейса комп'ютерної програми. Граф на рис. 5 надає інформацію про всі можливі проведення обліку на підприємстві. Однак кожний обліковий період буде мати свій перелік бухгалтерських проведень. Бухгалтеру ж необхідні проведення, які стосуються заданого періоду. Одним із простих варіантів виконати таку вимогу є подача ребра графа іншим кольором відповідного проведення після першого запису проведення в журнал. Тоді ребра графа одного кольору будуть представляти структуру обліку у заданому періоді, що дає ефективну орієнтацію в обліковій роботі.

Бухгалтерські проведення записані за допомогою графа (рис. 5)

	№ з/п	Дебет	Кред.	Бухгалтерські проведення
Кількісний облік	1	281	631	Прийнятий товар від постачальника на склад без націнки
	2	631	281	Повернутий товар постачальнику зі складу без націнки
Сумовий облік	3	2811	631	Прийнятий товар від постачальника на склад без націнки
	4	631	2811	Повернутий товар постачальнику зі складу без націнки
	5	282	2811	Прийнятий товар від постачальника до магазину з націнкою
	6	2811	285	Нарахована націнка на товари прийняті до магазину
	7	285	2821	Списана націнка на повернуті товари постачальнику з магазину
	8	2811	282	Повернуті товари на склад з магазину з націнкою

Для комп'ютерної програми граф являє собою множину графічних елементів – ліній, фігур, рамок. У Microsoft Excel, наприклад, для редагування графічних елементів використовується об'єкт Shapes [3, 5]. Для прикладу в якості об'єкта Shapes візьмемо ребро графа на рис. 5 - 311→631 “Оплата рахунку постачальника” і присвоїмо вибраному об'єкту назву - “Line 311”. Тоді за допомогою операторів VBA (рис. 6), можна змінити колір обраного ребра графа (“Line311”).

```
ActiveSheet.Shapes("Line 311").Select
Selection.ShapeRange.Line.ForeColor.SchemeColor = 17
Selection.ShapeRange.Line.Visible = msoTrue
```

Рис.6. Оператори VBA для зміни кольору ребра графа

Висновки

Граф грошових потоків моделює ситуацію на рівні первинного представлення предметної області про облік господарських операцій, дозволяє абсолютно точно і швидко представити структуру обліку на підприємстві, за його допомогою можна однозначно встановити бухгалтерські проведення, граф дає не формальну альтернативу при вивченні кореспондуючих рахунків.

Крім зазначених властивостей граф грошових потоків можна використати як додатковий елемент інтерфейса комп'ютерної програми, що дає свій вклад у зменшення когнитивного навантаження на користувача такої програми.

У зв'язку з тим, що за допомогою графа в короткий термін часу можна дослідити найскладнішу систему обліку це дозволяє переоцінювати діючий порядок обліку, змінювати його традиції, що в свою чергу дає можливість проводити оптимальний процес автоматизації облікової роботи. Таким чином граф грошових потоків не тільки модель обліку, елемент інтерфейсу але й інструмент для оптимальної автоматизації.

ЛІТЕРАТУРА

1. Вітлінський В.В. Моделювання економіки : навч. посіб. / В.В. Вітлінський — К. : КНЕУ, 2003. — 407 с.
2. Івахненко С.В. Інформаційні технології в організації бухгалтерського обліку, 4-е вид., навчальний посібник. — К., 2004. — 324 с. 2.
3. Стивен Буллен Профессиональная разработка приложений Excel. — Вильямс: Москва – Санкт-Петербург – Киев, 2007. — 726с.
4. Шапошников А.А. Классификационные модели в бухгалтерском учёте. — М.: Финансы и статистика, 2000. — 189 с.
5. Уокенбах, Джон. Профессиональное программирование на VBA в Excel 2003. — Диалектика: Москва – Санкт-Петербург – Киев, 2006. — 800с.

СОДЕРЖАНИЕ

МАТЕМАТИЧНЕ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ

Р.А. Chizhenkova

MATHEMATICAL ANALYSIS OF BIBLIOMETRICAL INDICES OF
NEUROPHYSIOLOGICAL INVESTIGATIONS OF ACTION OF
ELECTRIC FIELDS (MEDLINE-INTERNET) 3

П.І. Бідюк, М.М. Коновалюк

ОЦІНЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ МОДЕЛІ СТОХАСТИЧНОЇ
ВОЛАТИЛЬНОСТІ З ВИКОРИСТАННЯМ АЛГОРИТМУ ПІВБСА 12

А.П. Гожий, Н.Е. Краснов

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И РЕИНЖИНИРИНГА
КОРПОРАТИВНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ
ПРЕДПРИЯТИЙ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ 28

М.В. Гончарова, А.В. Касицкий, П.И. Бидюк

АНАЛИЗ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ЭВМ ПРИ
МНОГОПОТОЧНОЙ РЕАЛИЗАЦИИ ВЫЧИСЛЕНИЙ 35

А.В. Дегтярев, А.Э. Кашанов, Л.В. Кривобоков

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К ПЛАНИРОВАНИЮ
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ОТРАБОТКИ НОВЫХ И
МОДЕРНИЗИРУЕМЫХ РАКЕТ-НОСИТЕЛЕЙ 44

А.В. Касицкий, П.И. Бидюк

АНАЛИЗ СХОДИМОСТИ МЕТОДА ОПТИМИЗАЦИИ
РОЗЕНБРОКА 51

В.М. Коцовський, Ф.Е. Гече, О.В. Міца, А.Є. Батюк

ПРО ПОВЕДІНКУ АЛГОРИТМУ НАВЧАННЯ ПЕРЦЕПТРОНА У
НЕСЕПАРАБЕЛЬНОМУ ВИПАДКУ 61

В.Г. Кузнецов, В.И. Шинкаренко

ИНВАРИАНТНО-СОГЛАСОВАННЫЙ МЕТОД АНАЛИЗА
ИЕРАРХИЙ В ЗАДАЧАХ ПЛАНИРОВАНИЯ
ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ МЕРОПРИЯТИЙ СИСТЕМЫ
ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА ... 77

К.Ю. Новікова, О.І. Михальов

КОГНІТИВНА НЕЧІТКО-ЛОГІЧНА МОДЕЛЬ СОЦІАЛЬНО-
ЕКОНОМІЧНОЇ СИСТЕМИ ПІДПРИЄМСТВА 86

О.Е. Огнева

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЧЕТКОЙ ИГРОВОЙ МОДЕЛИ ПРИНЯТИЯ
РЕШЕНИЯ ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ ПРОИЗВОДСТВА..... 96

В.В. Осипенко

СИСТЕМА КРИТЕРІЇВ В ІНДУКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЯХ
КОМПЛЕКСНИХ ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНИХ
ДОСЛІДЖЕНЬ 108

В.И. Передерий, С.А. Бабичев, В.И. Литвиненко

ПРИМЕНЕНИЕ АЛГОРИТМА КЛОНАЛЬНОГО ОТБОРА ДЛЯ
ПРИНЯТИЯ РЕЛЕВАНТНЫХ РЕШЕНИЙ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯМИ С
УЧЕТОМ ЛИЧНОСТНЫХ И ВНЕШНИХ ФАКТОРОВ..... 117

Ф.Б. Рогальський, С.В. Вишемирська

МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ МОДЕЛЮВАННЯ ДІЯЛЬНОСТІ
ГОСПОДАРСЬКИХ КОМПЛЕКСІВ..... 132

В.В. Росинский

ОБЕСПЕЧЕНИЕ КРОССПЛАТФОРМЕННОСТИ И
ИНТЕРОПЕРАБЕЛЬНОСТИ В КОРПОРАТИВНЫХ
ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ 150

Ю.М. Селін

ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДОЛОГІЇ ПЕРЕДБАЧЕННЯ ДЛЯ
СУПРОВОДУ ПРОЦЕСУ НОРМОТВОРЕННЯ ЕЛЕКТРОННИМ
ПАРЛАМЕНТОМ. 165

М.Т. Соломко, Т.В. Гудзь

ГРАФ ГРОШОВИХ ПОТОКІВ В ОБЛІКУ ГОСПОДАРСЬКИХ
ОПЕРАЦІЙ 173

УДК 577.359

Чиженкова Р.А. **Математичний аналіз бібліометричних показників нейрофізіологічних досліджень дії електричних полів (Medline-Internen)** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 6 (77). – Дніпропетровськ, 2011. – С. 3–11.

Представлені бібліометричні дані по дослідженнях, виконаних на нейрофізіологічних об'єктах (цілісний мозок, кора великих півкуль, нейрони, нерви) з використанням електричних полів. Розглянуті кількісні характеристики публікацій обраних напрямків за 35 річний інтервал часу (1966-2000). Проаналізована динаміка чисел публікацій вказаних типів. Зроблено висновок про перспективи досліджень дії неіонізуючих випромінень на нейрофізіологічних об'єктах.

Бібл. 10, табл. 7.

УДК 519.766.4

Бідюк П.І., Коновалюк М.М. **Оцінювання параметрів моделі стохастичної волатильності з використанням алгоритму Гіббса**

Розглянуто особливості побудови та програмної реалізації алгоритму оцінювання параметрів нелінійної моделі стохастичної волатильності. Наведено процедури оцінювання параметрів цієї моделі з використанням методу Монте Карло для марковських ланцюгів на основі алгоритму Гіббса. Створено програмний продукт на Java, який можна застосовувати в режимі пакетної обробки даних і в реальному часі.

Бібл. 7, табл. 4.

УДК 519.4

Гожий О.П., Краснов М.Е. **Особливості проектування і реінжинірингу корпоративних інформаційних систем для підприємств теплопостачання** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 6 (77). – Дніпропетровськ, 2011. – С. 28–34.

У статті описані головні особливості реінжинірингу корпоративних інформаційних систем підприємств теплопостачання. Розроблено послідовність побудови і реінжинірингу для корпоративної інформаційної системи. Проведено передпроектний аналіз та розроблено сценарії для проведення реінжинірингу.

Бібл. 7, Рис. 3

УДК 004.021

Гончарова М.В., Касіцький О.В., Бідюк П.І. **Аналіз продуктивності ЕОМ при багатопотоковій реалізації обчислень** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 6 (77). – Дніпропетровськ, 2011. – С. 35–43.

Досліджена задача підвищення продуктивності прикладних програм для паралельних ЕОМ шляхом багатопотокової реалізації обчислень. Для класичних обчислювальних задач побудовані та програмно реалізовані послідовний і паралельний алгоритми, виконано їх порівняльний аналіз та тестування на ЕОМ різної архітектури. Наведено алгоритми обчислень і результати виконаних експериментів.

Бібл. 3, табл. 2.

УДК 629.764.

Дегтярьов А.В., Кашанов А.Е., Кривобоков Л.В. **Системний підхід до планування експериментальної відробітки нових ракет-носіїв, та таких що модернізуються** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 6 (77). – Дніпропетровськ, 2011. – С. 44–50.

Виконано системний аналіз основних принципів організації і проведення експериментальної відпрацювання ракети - носія та її частин. Розроблено показник ефективності експериментальної відпрацювання.

Бібл. 4, табл. 1.

УДК 004.021

Касіцький О.В., Бідюк П.І. **Аналіз збіжності методу оптимізації Розенброка** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 6 (77). – Дніпропетровськ, 2011. – С. 51–60.

У роботі виконано аналіз функціонування методу Розенброка у порівнянні з методами оптимізації градієнтного виду. Запропоновано дві ефективні реалізації методу (з урахуванням результатів отриманих у [1]). На прикладі відомих тестових функцій експериментально отримано оцінки якості функціонування досліджуваного методу. Зроблено висновки стосовно доцільності використання методу в різних умовах.

Бібл. 8, табл. 6, іл. 3.

УДК 681.14

Коцовський В.М., Гече Ф.Е., Міца О.В., Батюк А.Є. **Про поведінку алгоритму навчання перцептрона у несепабельному випадку** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 6 (77). – Дніпропетровськ, 2011. – С. 61–76.

У роботі доводиться узагальнення теореми про зациклювання перцептрона для навчання поліноміальних нейронних елементів. Отриманий результат може бути використаний для побудови алгоритмів навчання несепабельних множин.

Бібл. 5, іл. 2.

УДК 519.6+661.331:621.311

Кузнецов В.Г., Шинкаренко В.І. **Інваріантно-узгоджений метод аналізу ієрархій в задачах планування енергозберігаючих засобів системи електропостачання залізничного транспорту** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 6 (77). – Дніпропетровськ, 2011. – С. 77–85.

У роботі пропонується новий підхід до вирішення проблеми енергозбереження, зокрема, у системі електропостачання тяги потягів постійного струму. Згідно з особливостями ієрархії проблеми енергозбереження вирішується задача ранжирування заходів енергозбереження та об'єктів їх провадження. Запропоновано вдосконалений метод аналізу ієрархій, котрий забезпечує узгодженість матриці переваг на усіх етапах ранжирування.

Бібл. 4, рис. 2, табл. 2.

УДК 681.322

Новікова К.Ю., Михальов О.І. **Когнітивна нечітко-логічна модель соціально-економічної системи підприємства** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 6 (77). – Дніпропетровськ, 2011. – С. 86–95.

Робота присвячена побудові когнітивної нечітко-логічної моделі соціально-економічної системи. Вперше для побудови когнітивної нечітко-логічної моделі застосовується нечіткий підхід, який імітує інтуїцію маркетолога та дозволяє прогнозувати та аналізувати діяльність соціально-економічної системи «підприємство – споживачі».

Бібл. 6, табл. 4, рис. 2.

УДК 004:519.816

Огнєва О.Є. **Використання нечіткої ігрової моделі прийняття рішень при плануванні виробництва** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 6 (77). – Дніпропетровськ, 2011. – С. 96–107.

Розглянута можливість використання нечітких ігрових моделей прийняття рішень при плануванні виробництва. Запропонована модель планування виробництва на основі даних попередніх продаж, на базі спільного використання теорії ігор та нечіткої математики.

Бібл. 4, табл. 3.

УДК 004.94:658.01

Осипенко В.В. **Система критеріїв в індуктивних технологіях комплексних інформаційно-аналітичних досліджень** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 6 (77). – Дніпропетровськ, 2011. – С. 108–116.

В роботі розглянуто питання застосування системи критеріїв оцінки й вибору оптимальних рішень у проектах системних інформаційно-аналітичних досліджень, які виконуються за сучасними індуктивними технологіями. Сконструйовані критерії в індуктивних технологіях таких досліджень мають властивості зовнішнього доповнення. З метою забезпечення цілісності ансамблю критеріїв у статті запропонований принципово новий критерій балансу інформаційних базисів.

Бібл. 8, іл. 1.

УДК 621.372:538.56

Передерій В.І., Бабічев С.А., Литвиненко В.І. **Застосування алгоритму клонального добору для прийняття релевантних рішень користувачами з урахуванням особистісних і зовнішніх факторів** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 6 (77). – Дніпропетровськ, 2011. – С. 117–131.

Розроблено алгоритми формалізації взаємозв'язку зовнішніх факторів і психофункціональних характеристик користувачів на основі теорії нечітких множин та алгоритму клонального добору для оптимізації релевантністю прийнятих рішень. Приведені результати чисельних експериментів

Бібл. 9., іл. 2, табл. 4.

УДК 681.5.015

Рогальський Ф.Б., Вишемирська С.В. **Методологічні основи моделювання діяльності господарських комплексів** // Системні технології. Регіональний міжвузовський збірник наукових праць. – Випуск 6 (77). – Дніпропетровськ, 2011. – С. 132–149.

Розглянуто загальну класифікацію математичних методів побудови моделей господарських комплексів. Наголошено, що управління соціальною та технічною підсистемами будь-якого комплексу вимагає різних підходів. Наведено загальні етапи розробки стратегії розвитку регіону. Побудовано математичну модель господарського комплексу.

Бібл. 14, іл. 8, табл. 1.

УДК 004-65-4

Росинський В.В. **Забезпечення кросплатформеності і інтероперабельності в корпоративних інформаційних системах** // Системні технології. Регіональний міжвузовський збірник наукових праць. – Випуск 6 (77). – Дніпропетровськ, 2011. – С. 150–164.

Проведено дослідження технології Web Services, зокрема визначені її перевагами для розробників корпоративних інформаційних систем з розподіленою архітектурою. Запропонована модель використання Web-технологій при проектуванні корпоративних інформаційних систем з тривірневою архітектурою в середовищі Delphi.

Бібл. 8, іл. 10.

УДК (075.8)330.115

Селін Ю.М. **Використання методології передбачення для супроводу процесу нормотворення електронним парламентом** // Системні технології. Регіональний міжвузовський збірник наукових праць. – Випуск 6 (77). – Дніпропетровськ, 2011. – С. 165–172.

Показано необхідність застосування методології передбачення у процесі нормотворення під час діяльності електронного парламенту. Запропоновано використання інформаційної платформи сценарного аналізу як базового інструментарію технологічного передбачення. Сформульовано вимоги до системи інформаційно-аналітичного супроводу роботи електронного парламенту.

Бібл. 7, іл. 3.

УДК 657.1

Соломко М. Т., Гудзь Т. В. **Граф грошових потоків в обліку господарських операцій** // Системні технології. Регіональний міжвузовський збірник наукових праць. – Випуск 6 (77). – Дніпропетровськ, 2011. – С. 173–179.

Розглянуто моделювання ситуації на рівні первинного представлення предметної області про облік господарських операцій суб'єкта господарювання. Процеси обліку об'єднуються у вигляді направленого графа грошових потоків, який візуалізує і оцінює результати обліку при фінансово-господарській діяльності. Отримана внаслідок цього інформація дозволяє однозначно встановлювати всі необхідні бухгалтерські проведення і на їх підставі отримати вторинний облік – сальдовий баланс, баланс, регістри. Завдяки візуалізації процесів предметної області можливими застосуваннями графа грошових потоків може бути використання його як елемент інтерфейса комп'ютерної програми, а також для створення моделей систем структурного моделювання.

Бібл. 5, іл. 5, табл. 1.

УДК 577.359

Чиженкова Р.А. **Математический анализ библиометрических показателей нейрофизиологических исследований действия электрических полей (Medline-Internen)** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 6 (77). – Дніпропетровськ, 2011. – С. 3–11.

Представлены библиометрические данные по исследованиям, выполненным на нейрофизиологических объектах (целостный мозг, кора больших полушарий, нейроны, нервы) с применением электрических полей. Рассмотрены количественные характеристики публикаций выбранных направлений за 35-летний интервал времени (1966-2000). Проанализирована динамика чисел публикаций указанных типов. Сделано заключение о перспективах исследований действия неионизирующих излучений на нейрофизиологических объектах.

Библ. 10, табл. 7.

УДК 519.766.4

Бидюк П.И., Коновалюк М.М. **Оценивание параметров модели стохастической волатильности с использованием алгоритма Гиббса** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 6 (77). – Дніпропетровськ, 2011. – С. 12–27.

Рассмотрены особенности построения и программной реализации алгоритма оценивания параметров нелинейной модели стохастической волатильности. Приведены процедуры оценивания параметров этой модели с использованием метода Монте Карло для марковских цепей на основе алгоритма Гиббса. Создан программный продукт на Java, который можно использовать в режиме пакетной обработки данных и в реальном времени.

Библ. 7, табл. 4.

УДК 519.4

Гожий А.П., Краснов Н.Е. **Особенности проектирования и реинжиниринга корпоративных информационных систем для предприятий теплоснабжения** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 6 (77). – Дніпропетровськ, 2011. – С. 28–34.

В статье описаны основные особенности реинжиниринга корпоративных информационных систем предприятий теплоснабжения. Разработана последовательность построения и реинжиниринга для корпоративной информационной системы. Проведен предпроектный анализ и разработаны сценарии для проведения реинжиниринга.

Библ. 7, Рис. 3

УДК 004.021

Гончарова М.В., Касицкий А.В., Бидюк П.И. **Анализ производительности ЭВМ при многопоточной реализации вычислений** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 6 (77). – Дніпропетровськ, 2011. – С. 35–43.

Исследована задача повышения производительности приложений для параллельных ЭВМ путем многопоточной реализации вычислений. Для классических вычислительных задач построены и программно реализованы последовательный и параллельный алгоритмы, выполнен их сравнительный анализ и тестирование на ЭВМ с различной архитектуры. Приведены алгоритмы вычислений и результаты выполненных экспериментов.

Библ. 3, табл. 2.

УДК 629.764.

Дегтярев А.В., Кашанов А.Э., Кривобоков Л.В. **Системный подход к планированию экспериментальной отработки новых и модернизируемых ракет-носителей** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 6 (77). – Дніпропетровськ, 2011. – С. 44–50.

Выполнен системный анализ основных принципов организации и проведения экспериментальной отработки ракеты - носителя и ее частей. Разработан показатель эффективности экспериментальной отработки.

Библ. 4, табл. 1.

УДК 004.021

Касицкий А.В., Бидюк П.И. **Анализ сходимости метода оптимизации Розенброка** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 6 (77). – Дніпропетровськ, 2011. – С. 51–60.

В работе выполнен анализ метода Розенброка; сделано сравнение с методами оптимизации градиентного вида. Предложены две эффективных реализации метода (с учетом результатов полученных в [1]). На примере известных тестовых функций экспериментально получены оценки качества функционирования данного метода. Сделаны выводы о целесообразности использования метода в различных условиях.

Библ. 8, табл. 6, илл. 3.

УДК 681.14

Коцовский В.М., Гече Ф.Е., Мица О.В., Батюк А.Е. **О поведении алгоритма обучения перцептрона в несепарабельном случае** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 6 (77). – Дніпропетровськ, 2011. – С. 61–76.

В работе доказывается обобщение теоремы о зацикливании перцептрона для обучения полиномиальных нейронных элементов. Полученный результат может быть использован для построения алгоритмов обучения несепарабельных множеств.

Библ. 5, илл. 2.

УДК 519.6+661.331:621.311

Кузнецов В.Г., Шинкаренко В.И. **Инвариантно-согласованный метод анализа иерархий в задачах планировании энергосберегающих мероприятий системы электроснабжения железнодорожного транспорта** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 6 (77). – Дніпропетровськ, 2011. – С. 77–85.

В работе предлагается новый подход к решению проблем энергосбережения, в частности, в системе электроснабжения тяги поездов постоянного тока. В соответствии с особенностями иерархии проблемы энергосбережения решается задача ранжирования мероприятий энергосбережения и объектов их внедрения. Предложен усовершенствованный метод анализа иерархий, которой обеспечивает согласованность матрицы предпочтений на всех этапах ранжирования.

Библ. 4, табл. 2, илл. 2.

УДК 681.322

Новикова К.Ю., Михалёв А.И. **Когнитивная нечетко-логическая модель социально-экономической системы предприятия** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 6 (77). – Дніпропетровськ, 2011. – С. 86–95.

Работа посвящена построению когнитивной нечетко-логической модели социально-экономической системы. Впервые для построения когнитивной нечетко-логической модели используется нечеткий подход, имитирующий интуицию маркетолога, и позволяющий прогнозировать и анализировать деятельность социально-экономической деятельности «предприятие-потребитель».

Библ. 6, табл. 4, рис. 2.

УДК 004:519.816

Огнева О.Е. **Использование нечеткой игровой модели принятия решения при планировании производства** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 6 (77). – Дніпропетровськ, 2011. – С. 96–107.

Рассмотрена возможность использования нечетких игровых моделей принятия решений при планировании производства. Предложена модель планирования производства на основе данных предыдущих продаж, на базе совместного применения теории игр и нечеткой математики.

Библ. 4, табл. 3.

УДК 004.94:658.01

Осипенко В.В. **Система критериев в индуктивных технологиях комплексных информационно-аналитических исследований** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 6 (77). – Дніпропетровськ, 2011. – С. 108–116.

В работе рассмотрены вопросы применения системы критериев для оценки и выбора оптимальных решений в проектах системных информационно-аналитических исследований, выполняемых по современным индуктивным технологиям. Сконструированные критерии в индуктивных технологиях таких исследований имеют свойства внешнего дополнения. Для обеспечения целостности ансамбля критериев в статье предложен принципиально новый критерий баланса информационных базисов.

Библ. 8, рис. 1.

УДК 621.372:538.56

Передерий В.И., Бабичев С.А., Литвиненко В.И. **Применение алгоритма клонального отбора для принятия релевантных решений пользователями с учетом личностных и внешних факторов** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 6 (77). – Дніпропетровськ, 2011. – С. 117–131.

Разработаны алгоритмы формализации взаимосвязи внешних факторов и психофункциональных характеристик пользователей на основе теории нечетких множеств и алгоритма клонального отбора для оптимизации релевантности принимаемых решений. Приведены результаты численных экспериментов.

Библ. 9, табл. 4, илл. 2.

УДК 681.5.015

Рогальский Ф.Б., Вышемирская С.В. **Методологические основы моделирования деятельности хозяйственных комплексов** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 6 (77). – Дніпропетровськ, 2011. – С. 132–149.

Рассмотрена общая классификация математических методов построения моделей хозяйственных комплексов. Доказано, что управление социальной и технической подсистемами любого комплекса требует разных подходов. Представлены общие этапы разра-

ботки стратегии развития региона. Построена математическая модель хозяйственного комплекса.

Библ. 14, табл. 1, рис. 8.

УДК 004-65-4

Росинский В.В. **Обеспечение кроссплатформенности и интероперабельности в корпоративных информационных системах** // Системні технології. Регіональний міжвузовський збірник наукових праць. – Випуск 6 (77). – Дніпропетровськ, 2011. – С. 150–164.

Проведено исследование технологии Web Services, в частности определены ее преимуществами для разработчиков корпоративных информационных систем с распределенной архитектурой. Предложена модель использования Web-технологий при проектировании корпоративных информационных систем с трехуровневой архитектурой в среде Delphi.

Библ. 8, рис. 10.

УДК (075.8) 330.115

Селин Ю.Н. **Использование методологии предвидения для сопровождения процесса нормотворчества электронным парламентом** // Системні технології. Регіональний міжвузовський збірник наукових праць. – Випуск 6 (77). – Дніпропетровськ, 2011. – С. 165–172.

Показана необходимость применения методологии предвидения в процессе нормотворчества в ходе деятельности электронного парламента. Предложено использование информационной платформы сценарного анализа как базового инструментария технологического предвидения. Сформулированы требования к системе информационно-аналитического сопровождения работы электронного парламента.

Библ. 7, ил. 3.

УДК 657.1

Соломко Н. Т., Гудзь Т.В. **Граф денежных потоков в учете хозяйственных операций** // Системні технології. Регіональний міжвузовський збірник наукових праць. – Випуск 6 (77). – Дніпропетровськ, 2011. – С. 173–179.

Рассмотрено моделирование ситуации на уровне первичного представления предметной области об учете хозяйственных операций предприятия. Процессы учета объединяются в виде направленного графа денежных потоков, который визуализирует и оценивает результаты учета при финансово-хозяйственной деятельности. Полученная в результате этого информация позволяет однозначно устанавливать все необходимые бухгалтерские проведения и на их основании получить вторичный учет - сальдовый баланс, баланс, регистры. По-благодарности визуализации процессов предметной области возможными приложениями графа денежных потоков может быть использование его как элемент интерфейса компьютерной программы, а также для создания моделей систем структурного моделирования.

Библ. 5, ил. 5, табл. 1.

UDC 577.359

Chizhenkova R.A. **Mathematical analysis of bibliometrical indices of neurophysiological investigations of action of electrical fields (Medline-Internen)** // System technologies. – №6 (77). – Dnepropetrovsk, 2011. – P. 3–11.

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

Ref. 17, tabl. 7.

UDC 519.766.4

Bidiuk P.I., Konovalyuk M.M. **Parameter estimation for stochastic volatility model using Gibbs algorithm** // System technologies. – №6 (77). – Dnepropetrovsk, 2011. – P. 12–27.

Special features of constructing and software implementation of parameter estimation algorithm for nonlinear stochastic volatility model are considered. The procedures for the model parameter estimation are given with the use of Markov Chain Monte Carlo technique based on Gibbs algorithm. A computer program is developed and studied in Java that can be used for the model estimation in real time and offline mode.

Ref. 7, tabl. 4.

UDC 519.4

Gozhy A.P., Krasnov N.E. **Features design and reengineering of corporate information systems for heatsupply companies** // System technologies. – №6 (77). – Dnepropetrovsk, 2011. – P. 27–34.

This article describes the main features of the re-engineering of corporate information systems, heatsupply companies. Developed a sequence of construction and re-engineering for a corporate information system. A pre-design analysis, and developed scenarios for reengineering.

Ref. 7, ill. 3.

UDC 004.021

Goncharova M.V., Kasitskyj O.V., Bidiuk P.I. **Analysis of computer performance using parallel algorithm implementation** // System technologies. – №6 (77). – Dnepropetrovsk, 2011. – P. 35–43.

The problem under study is increase of computer performance with the use of multi-thread parallel computing. The sequential and parallel algorithms for classical computational problems have been developed and executed; they are compared and tested on computers with different architecture. The computing algorithms and experimental results are provided.

Ref. 3, tabl. 2.

УДК 629.764.

Degtjarjov A.V., Kashanov A.E., Krivobokov L.V. **Approach of the systems to planning of the experimental working off new and modernized rockets-transmitters** // System technologies. – №6 (77). – Dnepropetrovsk, 2011. – P. 44–50.

Ref. 4, tabl. 2.

UDC 004.021

Kasitskyi O., Bidiuk P.I. **Convergence analysis of the optimization Rosenbrock method** // System technologies. – №6 (77). – Dnepropetrovsk, 2011. – P. 51–60.

Analysis of the Rosenbrock method is performed in comparison to the gradient optimization methods. Two effective realizations (using results from [1]) of the method are proposed. Efficiency of the algorithms was tested on popular testing functions. The conclusions were drawn about appropriateness of using the method for different situations.

Ref. 8, tabl. 6, ill. 3.

UDC 681.14

Kotsovskyy V.M., Geche F.E., Mitsa O.V., Batyuk A.E. **Behavior of the perceptron learning algorithm in inseparable case** // System technologies. – №6 (77). – Dnepropetrovsk, 2011. – P. 61–76.

We prove the generalization of the perceptron cycling theorem for the polynomial threshold units learning algorithms. Our results can be used to prove the convergence of the modification of Gallant's pocket learning algorithm for PTU.

Ref. 5, ill. 2.

UDC 519.6+661.331:621.311

Kuznetsov V.G., Shynkarenko V.I. **Agreed-invariant method of analysis of hierarchies for planning energy saving measures in power supply systems of railway transport** // System technologies. N6(77). – Dnepropetrovsk, 2011. – P. 77–85.

In this paper the authors discussed a new approach to solve the energy saving problems, in particular, in the traction DC power supply systems of railways. Taking into account the peculiarities of the hierarchy problem it's solved the task of energy saving measures and the ranking of the objects for implementation. It's proposed the analytic hierarchy method, that ensures consistency of the preference matrix at all stages of the rankings.

Bibl. 4, tabl. 2, il. 2.

UDC 681.322

Novikova K.U., Mikhalyov A.I. **Cognitive fuzzy-logic model social - economic system enterprise** // System technologies. N6(77). – Dnepropetrovsk, 2011. – P. 86–95.

The work is devoted to development cognitive fuzzy-logic model of socio-economic system. First to build a cognitive fuzzy-logic model is applied fuzzy approach that mimics the marketing intuition and allows predicting and analyzing the activities of socio-economic system "enterprise - consumers."

Bibl. 6, tabl. 4, il. 2.

UDC 004:519.816

Ognieva O. **Using fuzzy game model for decision-making at planning of production** // System technologies. N6(77). – Dnepropetrovsk, 2011. – P. 96–107.

Possibility of the use of fuzzy game models for decision-making at planning of production is considered. The model of production planning on the basis of previous sales data, based on joint application of game theory and fuzzy mathematics is offered.

Bibl. 4, table 3.

UDC 004.94:658.01

Osipenko V.V. **System of criteria in inductive technologies complex informatively analytical researches** // System technologies. N6(77). – Dnepropetrovsk, 2011. – P. 108–116.

This paper deals with the system of criteria application for evaluation and selection of optimal solutions in system information-analytical researches projects performed by the modern inductive technologies. Designed criteria in inductive technologies of such investigations have the external addition properties. To ensure the integrity of the criteria ensemble in article a fundamentally new criterion of information bases balance is proposed.

Bibl. 8, il. 1.

UDC 621.372:538.56

Perederiy V.I, Babichev S.A, Lytvynenko V.I **The use of clonal selection algorithm for making relevant decisions of users, taking into account personal and environmental factors** // System technologies. N6(77). – Dnepropetrovsk, 2011. – P. 117–131.

The algorithms formalizing the relationship of external factors and psychological characteristics of users based on fuzzy set theory and algorithm optimization relevance of clonal selection decisions. The results of numerical experiments.

Bibl.9, il.2, tabl.4.

UDC 681.5.015

Rogalsky F.B., Vyshemirskaya S.V. **Methodological bases of design of activity of economic complexes** // System technologies. N6(77). – Dnepropetrovsk, 2011. – P. 132–149.

General classification of mathematical methods of construction of models of economic complexes is considered. It is well-proven that management social and technical subsystems of any complex requires different approaches. The general stages of strategic development of region are presented. The mathematical model of economic complex is built.

Bibl.14, il.8, tabl.1.

UDK 004-65-4

Rosinsky V.V. **Providing of krossplatformennosti and interoperabel'nosti is in corporate informative systems** // System technologies. N6(77). – Dnepropetrovsk, 2011. – P. 150–164.

Research of technology of Web Services is conducted, in particular certain its advantages for developers corporate informative systems with the up-diffused architecture. The model of the use of Web-technology is offered at corporate informative systems with three-level architecture in the environment of Delphi planning.

Bibl. 8, il. 10.

UDC (075.8) 330.115

Selin Y.M. **Using the methodology of foresight to support the drafting process the e-parliament** // System technologies. N6(77). – Dnepropetrovsk, 2011. – P. 165–172.

The necessity of applying the methodology of foresight in the drafting process at the time of e-parliament. It proposes the use of information platform scenario analysis as a basic tool of technological foresight. Requirements to system information and analytical support of e-parliament.

Bibl.7, il.3.

UDC 657.1

Solomko N.T., Hutz T.V. **Count cash flows in accounting for business transactions** // System technologies. N6(77). – Dnepropetrovsk, 2011. – P. 173–179.

Modeling of the situation at the primary representation of the subject area of registration of business operations of the enterprise. Accounting processes are combined into a directed graph of cash flows, which visualizes and evaluates the results of accounting for financial activities. The resulting information allows you to uniquely establish the necessary accounting of place, and uses them to obtain a secondary consideration - a cash balance, balance registers. In gratitude for process visualization domain possible applications of the graph of cash flows is to use it as an interface element computer program, as well as for creating models of systems of structural modeling.

Bibl. 5, il. 5, tabl. 1

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Бабичев Сергей Анатольевич – доцент, кандидат технических наук, доцент кафедры информатики, Естественный факультет, Университет Яна Евангелиста Пуркине в Усти над Лабем

Батюк Анатолій Євгенович – кандидат технічних наук, доцент кафедри автоматизованих систем управління, НУЛП

Бидюк Петр Иванович – доктор технических наук, профессор Института прикладного системного анализа НТУУ «КПИ»

Бідюк Петро Іванович – доктор технічних наук, професор, професор Інституту прикладного системного аналізу НТУУ „КПІ”

Вышемирская Светлана Викторовна – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры информатики и компьютерных технологий Херсонского национального технического университета.

Гече Федір Елемірович – кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри кібернетики і прикладної математики, УжНУ

Гожий Александр Петрович – кандидат технических наук, доцент, декан факультета компьютерных наук Черноморского государственного университета им. П.Могила.

Гончарова Марина Валерьевна – магистрант Института прикладного системного анализа НТУУ «КПИ»

Гудзь Тетяна Василівна – аспірант кафедри “Інформаційних систем та мереж”, Відкритий міжнародний університет розвитку людини “Україна” Дубенська філія.

Дегтярев Александр Викторович – кандидат экономических наук, Генеральный конструктор – Генеральный директор ГП КБ “Южное”, г. Днепропетровск

Касицкий Алексей Викторович – магистрант Института прикладного системного анализа НТУУ «КПИ»

Кашанов Александр Єрикович – кандидат технических наук, начальник проектного отдела ГП КБ “Южное”, г. Днепропетровск

Коновалюк Максим Михайлович – аспірант Інституту прикладного системного аналізу НТУУ „КПІ”

Коцовський Владислав Миронович – асистент кафедри кібернетики і прикладної математики, УжНУ

Краснов Николай Евгеньевич – аспирант кафедры информационных технологий и программных систем факультета компьютерных наук Черноморского государственного университета им. П.Могила.

Кривобоков Леонид Васильевич – кандидат технических наук, заместитель начальника проектного отдела ГП КБ “Южное”, г. Днепропетровск

Кузнецов Валерий Геннадиевич – кандидат технических наук, доцент, Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна

Литвиненко Владимир Иванович – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры технической кибернетики Херсонского национального технического университета.

Михальов Олександр Ілліч – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри Інформаційних технологій та систем, НМетАУ

Мица Олександр Володимирович – кандидат технічних наук, доцент кафедри кібернетики і прикладної математики, УжНУ

Новікова Катерина Юріївна – кандидат технічних наук, доцент кафедри Інформаційних технологій та систем, НМетАУ

Огнева Оксана Евгеньевна – аспирант кафедры информатики и компьютерных технологий Херсонского национального технического университета

Осипенко Володимир Васильович – кандидат технічних наук, доцент кафедри автоматики і робототехнічних систем Національного університету біоресурсів і природокористування України

Передерий Виктор Иванович – кандидат технических наук, доцент, Николаевский национальный университет им. О. В. Сухомлиńskiego.

Рогальский Франц Борисович – кандидат технических наук, профессор, заведующий кафедры информатики и компьютерных технологий Херсонского национального технического университета.

Росинський В.В. – младший научный сотрудник, Институт кибернетики

Селін Юрій Миколайович – кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, навчально-науковий комплекс «Інститут прикладного системного аналізу»

Соломко Михайло Тимофійович – доцент кафедри “Інформаційно-комунікаційних технологій та методики викладання інформатики”, Рівненський державний гуманітарний університет

Чиженкова Рогнеда Александровна – доктор медицинских наук, ведущий научный сотрудник Института биофизики клетки РАН

Шинкаренко Виктор Иванович – доктор технических наук, профессор, Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна

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
Павлюченко Ігор Олександрович професор, доктор технічних наук	Дніпродзержинський державний технічний університет
Пройдак Юрій Сергійович професор, доктор технічних наук	Національна металургійна академія України
Стебляк 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(77)

Головний редактор: д.т.н., проф., О.Г. Величко
Комп'ютерна верстка та коректура С.В. Вишемирська
Здано до набору 25.06.2010. Підписано до друку 28.06.2010.
Формат 60x84 1/16. Друк - різнограф. Папір типограф.
Умов. друк арк. – 14,42. Обл.-видавн. арк. – 12,28.
Тираж 300 прим. Замовл. – 18/11