

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Адаптивні
Системи
Автоматичного
Управління

№ 1'(30) 2017

Міжвідомчий науково-технічний збірник

Друкується 2 рази на рік

Київ
КПІ ім. Ігоря Сікорського
2017

УДК 62-50

Адаптивні системи автоматичного управління // Міжвідомчий наук.-техн. зб. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка». – 2017. – Вип. 1'(30). – 248 с.

ISSN 1560-8956

Засновник і видавець: Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Засновано у січні 1973 р. Виходить 2 рази на рік.

Головний редактор: О. А. Стенін, д-р техн. наук

Заст. головного редактора: О. І. Михальов, д-р техн. наук

Відповідальний секретар: О. І. Лісовиченко, канд. техн. наук

Редакційна колегія:

П. І. Бідюк, *д-р техн. наук*; Є. В. Бодянський, *д-р техн. наук*;
А. І. Жученко, *д-р техн. наук*; Л. В. Дімітров, *д-р техн. наук*;
Клаус-Юрген Вольтер, *д-р техн. наук*; В. І. Корсун, *д-р техн. наук*;
Н. М. Куусуль, *д-р техн. наук*; О. А. Лавров, *д-р техн. наук*;
О. І. Лисенко, *д-р техн. наук*; Л. М. Любчик, *д-р техн. наук*;
А. О. Мельник, *д-р техн. наук*; А. П. Оксанич, *д-р техн. наук*;
С. І. Осадчий, *д-р техн. наук*; І. Р. Пархомей, *д-р техн. наук*;
В. Г. Писаренко, *д-р техн. наук*; О. Г. Руденко, *д-р техн. наук*;
В. М. Синєглазов, *д-р техн. наук*; А. М. Сільвестров, *д-р техн. наук*;
В. М. Смолій, *д-р техн. наук*; А. М. Чеботарьов, *д-р техн. наук*;
Чженбин Ху, *канд. техн. наук*

Друкується за рішенням Вченої ради КПІ ім. Ігоря Сікорського
Протокол № 5 від 15.05.2017 р.

Адреса редакції збірника:

03056, м. Київ,

пр. Перемоги, 37, КПІ ім. Ігоря Сікорського,

каф. Технічної кібернетики,

корп. 18, кімн. 438.

<http://asac.kpi.ua>

E-mail: asac@tk.kpi.ua



© Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», 2017

© Автори статей, 2017

UDC (517.977.5)

I. Parkhomei, D. Humennyi, M. Tkach,
V. Payun, Y. Bondar

OPTIMAL CONTROL SYSTEMS DESIGN OF COMMUNICATION NETWORKS

Abstract: the principles of control systems' optimal design are given while it is running two main modes: stationary and automatic. The search methods of decisions in accordance with these modes are offered.

Keywords: optimal systems, minimax, minimin, risk minimization, communication networks, TMN, SMS

Introduction

While designing control of the communication networks, it is supposed, that static characteristics of an entrance signal are set [1]. The task consists of searching of system strategy which is promoted by an extreme criterion of optimality.

The design problem of optimal system should be considered.

Main part

In Telecommunication Management Network (TMN) control system, during exchange of information between input parameters of controlled objects and the Security Management operating System (SMS), it is expedient to review two main modes. The first is the stationary mode during which control parameters of the operated network is exercised. The second is an emergency mode in which it is possible to define probabilities of the possible signals which are received by SMS and are generated by parameters of objects. In such conflict situations it is expedient to design a control system under adverse signals' values.

Two tasks, which are arising during design of the system, are formulated below.

Minimin optimal system

The rate $\Omega_1(\lambda)$ of signal and interference characteristic are known.

It is necessary to find from a signal rate $\Omega_1(\lambda)$ and a functions rate $\Omega_2(\rho)$ signal values $\lambda = \lambda^*$ and function values $\rho = \rho^*$ that provide minimum of risk.

Analytically this task is described by the formula:

$$r(\lambda^*, \rho^*) = \min_{\rho \in \Omega_2(\rho)} - \min_{\lambda \in \Omega_1(\lambda)} r(\lambda, \rho). \quad (1)$$

We define this task as minimin, and the system which is possessed by a minimum of risk (1) as minimin optimal system. Minimin optimal system is the best of all systems which works in the conditions of the given interferences in admissible area $\Omega_1(\lambda)$. The expressions for the system risk is described below. The system entrance signal represents the sum of a useful signal λ and interference N :

$$X = \lambda + N. \quad (2)$$

The interference N is accidental and has probability density f_n . The useful signal λ is chosen in admissible area $\Omega_1(\lambda)$.

Since in this task a useful signal is nonrandom, then in a formula of the average risk it is necessary to accept useful signal $\Omega_1(\lambda)$ probability density as δ -functions:

$$f_1(\lambda) = \delta(\lambda - \lambda^*).$$

Thus conditional risk law

$$r(\lambda, \rho) = \int_{\Omega(x, y)} \theta[H\{\lambda\}, y] f_2\left(\frac{x}{\lambda}\right) \rho\left(\frac{y}{x}\right) d\Omega, \quad (3)$$

where $H\{\lambda\}$ is the useful signal transformation area.

In the case, when strategy of system is determined [2] as $\rho(y/x) = \delta(y - y^*)$ and with taking into account properties of δ -functions formula (3) becomes:

$$r(\lambda, A) = \int_{\Omega(x)} \theta[H\{\lambda\}, A\{x\}] f_2(x/\lambda) dx, \quad (4)$$

where A – the determined operator of system.

The task of minimin system optimization consists in finding such values, for which the risk (4) is minimal, among all signals from $\Omega_1(\lambda)$ and functions from $\Omega_2(\rho)$:

$$r(\lambda^*, A^*) = \min_{A \in \Omega_2(A)} \min_{\lambda \in \Omega_1(\lambda)} \int_{\Omega(x)} \theta[H\{\lambda\}, A\{x\}] f(x/\lambda) dx.$$

The distribution of a signal conditional density $f_2(x/\lambda)$ relative to the useful signal X is on density of probability of a interference N and a way of a signals and interferences combination (2) [3].

When the operator A is set and expression of a signal is given as $\lambda = \lambda(a, t)$, where parameter a is subject to definition, the solution of a task is reduce to find the minimum of function (4) by the parameter a .

From a minimization condition of function $\frac{\partial r}{\partial a} = 0$ the value $a = a^*$ is found. The risk is minimal by this value.

It is possible to assume, that minimin optimal system, during distribution of signal $f_1 = f_1^*$ and solution function $\rho_1 = \rho_1^*$ is located in areas $\Omega_1(f_1)$ and $\Omega_2(\rho)$, which provide a minimum of average risk:

$$R(f_1^*, p^*) = \min_{p \in \Omega_2(p)} \min_{f_1 \in \Omega_1(f_1)} R(f_1, p). \quad (5)$$

In such way, minimin optimal system in condition (5) is the best of all systems, which works in the interferences conditions and at the favorable law of distribution of an entrance signal from the admissible area of distributions $\Omega_1(f_1)$.

Minimax optimal system

The area $\Omega_1(\lambda)$ of signal and the interference characteristic values is known. It is necessary to find from a set of functions $\Omega_1(\lambda)$ next:

$$\max_{\lambda \in \Omega_1(\lambda)} r(\lambda, p^*) = \min_{p \in \Omega_2(p)} \min_{\lambda \in \Omega_1(\lambda)} r(\lambda, p).$$

In this case there is talk of some vector synthesis [4, 5], when through estimations it is possible to choose quality indicators. Thus as optimal, we realize system S_M , for which the inequality (6) is carried out as

$$K'_{\max}(S_M) \leq K'_{\max}(S), \quad S, S_M \in M_{SD}, \quad (6)$$

where M_{SD} - a set of admissible systems,

$K'_{\max} = \max_i (K'_1, \dots, K'_i, \dots, K'_m)$ - the greatest indicator of quality $(K'_1, \dots, K'_i, \dots, K'_m)$.

The minimax criteria provide the best value from the greatest of quality indicators.

From (6) follows, that the minimax decision is found for among a set M_{SD} of admissible decisions. The required decision does not change when search procedure is broken into two stages.

At the first stage the minimax decision S_M is found for among admissible systems M_D , in (6) instead of $S \in M_{SD}$ when $S \in M_D$. At this stage restrictions O_k on values of indicators of quality $K_1, \dots, K_m$ are not consider.

At the second stage performance of a condition are checked

$$K'_{\max}(S_M) \leq 1. \quad (7)$$

If this condition is satisfied, also next condition is satisfied

$$K'_i = K_i / K_{im} \leq 1, \quad i = \overline{1, m}.$$

Therefore, the search of minimax system is admissible and belongs to a set.

If it appears that the inequality (7) is not carried out, it means, that conflicting data are chosen, as minimization of the greatest of quality indicators K_i / K_{im} doesn't allow receiving its admissible value.

If necessary, data correction (mitigation of restrictions O_K , O_S or working conditions Y) in a task (6) replacement of M_{SD} on M_D takes place, and after finding of minimax system S_M check of an inequality (7) is carried out.

In such way, at optimal design of a communication network control system in two main modes of its functioning it is expedient to apply a minimin method when to find the solution in the analytical way and minimax, when the solution is found by method of iterations.

References

1. Беркман Л. Н. Багатокритеріальна оптимізація параметрів мереж. / В. Б. Толубко, Л. Н. Беркман, Л. О. Комарова, Є. В. Орлов // Журнал «Телекомунікаційна та інформаційні технології». – К., 2014. – №4 – с. 4–12.
2. Беркман Л. Н. Інваріантність систем управління конвергентними мережами. / Л.Н. Беркман, Л.О.Комарова, І.О. Бойко // Наукові записки Українського НДІ зв'язку. – К., 2014. – № 29 – с. 11–16.
3. Беркман Л. Н. Архітектурна концепція ТІНА // Одеса: праці УНДІРТ, № 4, 1999, с. 4–10.
4. Беркман Л. Н. Інваріантність систем управління // «Зв'язок». К – 2000: № 2, с. 30–32.

5. Gumennuy, D. A. "Hybrid Control Method for Stabilizing if Walking Robot on Irregular Surface Using Plantar Pressure Sensors./Dmytro Gumennuy, Mikhail Tkach, Alexey Chkalov. "ECCOMAS Multibody Dynamics (2013): 1–4.

СИНТЕЗ І АНАЛІЗ ІНФОРМАЦІЙНО-УПРАВЛЯЮЧИХ СИСТЕМ СИНХРОНІЗАЦІЇ ЗАСОБІВ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ

Анотація: В роботі представлено результати синтезу та аналізу інформаційно-управляючих систем блоків синхронізації засобів телекомунікацій на основі поліфазних і багатофазних фільтруючих пристроїв.

Ключові слова: інтерполяція, синхронізація, управління, фільтр, завадостійкість.

Постановка проблеми

Розвиток телекомунікаційних технологій у всьому світі висуває особливі вимоги до показників якості інформаційно-управляючих систем пристроїв синхронізації [1-5]. Щоб забезпечити такі вимоги, необхідна більш гнучка архітектура таких пристроїв обробки сигналів. Тоді в умовах використання в каналах передачі інформації сигналів у вигляді складних сигнально-кодкових конструкцій, виникла б можливість підвищення ефективності обробки сигналів в засобах телекомунікацій, особливо в частині, що стосується забезпечення їх завадостійкості в умовах завад і шумів [1-6].

Подання інформації в цифровій формі забезпечує високу завадостійкість при передачі по різних каналах, можливість ефективного використання пропускної здатності каналів, стабільність параметрів передачі та гнучкість при побудові цифрових засобів телекомунікацій [1, 2]. Одним з основних процесів, який впливає на загальну завадостійкість прийому цифрових кодованих сигналів, є процес синхронізації демодулятора квадратурних сигналів. Правильна демодуляція квадратурних сигналів можлива тільки когерентним способом, для чого необхідно максимально точно виконати умову синхронізації по фазі місцевого опорного генератора приймального пристрою і носійної частоти. У разі цифрового телекомунікаційного каналу немає можливості безпосередньо синхронізувати передавач і приймач, тому копію носійної в приймальному пристрої необхідно відновлювати з сигналу. У більшості досліджень основний акцент ставиться на використанні інформаційно-управляючих пристроїв синхронізації побудованих на системах фазового автоматичного підстроювання (ФАП), а теорія і практика використання модифікованих

схем синхронізації блоків обробки сигналів на інтерполяційних інформаційно-управляючих схемах з передискретизацією недосконала і вимагає проведення окремих досліджень. На сьогодні актуальним завданням є використання модифікованих способів синхронізації на основі врахування впливу завад сусідніх символів на фазовий критерій тракту, зокрема, використання модифікованої схеми синхронізації, в отриманні формалізованого представлення опису схем синхронізації на основі багатofазних конструкцій з використанням банку фільтрів, що дозволяє покращити характеристики цифрових телекомунікаційних каналів. Дослідженню і моделюванню даних способів присвячена наукова стаття.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Обробка сигналів у цифрових системах зв'язку неодмінно пов'язана з перетворенням їх у послідовність відліків, прив'язаних до конкретних моментів часу, тобто з проведенням дискретизації сигналів за часом. Для отримання значень дискретизованого сигналу використовуються головним чином аналого-цифрові перетворювачі з рівномірною дискретизацією. Однак, при вирішенні задач побудови модифікованих схем обробки сигналів, існує можливість використання алгоритмів нерівномірної дискретизації сигналів [6–10].

При дискретизації, в контексті цифрової обробки сигналів, звичайно передбачається, що вибірка вважається детермінованою і періодичною. Перетворення частоти дискретизації $F = 1/T$ представляє собою зміну частоти дискретизації дискретного сигналу. Коли нова частота дискретизації вище дійсної так, що $F' > F$ і $T' < T$, то в цілому цей процес називається інтерполяцією, суть якої полягає в додаванні нулів кількістю $(F'/F)-1$ між двома сусідніми відліками. В результаті утворюється нова послідовність з частотою дискретизації F' , для якої застосовується інтерполяційний фільтр. Для підвищення ефективності синхронізації пропонується метод перетворення частоти дискретизації за допомогою поліфазних фільтрів. Поліфазний фільтр представляє собою набір невеликих фільтрів, що працюють паралельно, кожен з яких обробляє тільки підмножину відліків сигналу. При цьому формується нова послідовність і не виконуються зайві обчислення, тому що для кожного відліку необхідно обчислити вихідний сигнал тільки одного з цих фільтрів. В даний час для відновлення сигналів з нерівномірною дискретизацією досліджуються різні методи перетворення частоти дискретизації, які розраховані на незначні коливання відхилень інтервалу дискретизації [1]. Реконструювати такий сигнал можна тільки

за допомогою цифрової обробки сигналів, вважаючи коливання висоти тону (детонацію) як нерівномірні відліки сигналу в часі. У зв'язку з цим, дуже важливо знайти рішення задачі побудови пристрою синхронізації модифікованого типу і можливість застосування структури Фарроу для безперервного регулювання перетворення частоти дискретизації, з метою відновлення нерівномірних відліків оцифрованого сигналу, і подальшого її застосування в цифровій обробці сигналів в інформаційно-управляючих системах засобів телекомунікацій для підвищення їх завадостійкості.

Основне рівняння інтерполяції дискретного сигналу записується у вигляді [8, 9]:

$$\begin{aligned} y(lT_l) &= y[(n_l + \mu_l)T_{in}] = \\ &= \sum_{i=I_1}^{I_2} x[(n_l - i)T_{in}] h_l[(i + \mu_l)T_{in}], \end{aligned} \quad (1)$$

де $\{x(n)\}$ – послідовність відліків сигналу з інтервалом T_{in} ; $h_l(t)$ – імпульсна характеристика інтерполяційного нерекурсивного фільтру; i – індекс фільтру; n_l – вихідна координата, що визначає $I = I_2 - I_1 + 1$ відліків сигналу для використання l -м інтерполятором; μ_l – дробовий інтервал дискретизації який визначає коефіцієнти фільтра l -го інтерполянта.

Імпульсна характеристика інтерполяційного фільтру виражається в кожному інтервалі за допомогою полінома ступеня M :

$$h_l(t) = h_l[(i + \mu_l)T_{in}] = \sum_{m=0}^M c_m(i) \mu_l^m. \quad (2)$$

Число поліноміальних коефіцієнтів $c_m(i)$ є постійним, не залежить від μ_l , і визначається виключно імпульсною характеристикою інтерполяційного фільтру $h_l(t)$. Після математичних перетворень отримаємо вирази інтерполянтів:

$$y(l) = \sum_{i=I_1}^{I_2} x(n_l - i) \sum_{m=0}^M c_m(i) \mu_l^m \sum_{i=I_1}^{I_2} c_m(i) x(n_l - i) = \sum_{m=0}^M \mu_l^m v(m), \quad (3)$$

де $v(m)$ – відліки сигналу з виходу $M+1$ інтерполяційних нерекурсивних фільтрів з відповідними коефіцієнтами імпульсними характеристиками $c_m(I_1), c_m(I_1+1) \dots c_m(I_2)$.

Тоді передавальна функція такого не рекурсивного фільтра буде мати вигляд:

$$C_m(z) = \sum_{i=I_1}^{I_2} c_m(i) z^{-i}. \quad (4)$$

Таким чином, вираз (4) є поліномом від параметра μ_l^m , який буде єдиним змінним параметром структури. До складу такої структури входить $M + 1$ нерекурсивних фільтрів з постійними коефіцієнтами, включеними паралельно, результати яких множаться на дробовий інтервал дискретизації.

Використовуємо поліноми Лагранжа для побудови фільтрів Фарроу. Представимо безперервний сигнал як суму добутків відліків на поліном Лагранжа:

$$y_a(t) = \sum_{n=0}^{M-1} y(l) \cdot X_l^{M-1}(\mu), \quad (5)$$

де M – ступінь полінома, поліном дорівнює одиниці в момент дискретизації l -го відліку і дорівнює нулю в інші моменти дискретизації.

Використовуємо формулу (4) і представимо передавальну функцію поліфазного фільтра в наступному вигляді:

$$G_I(z) = C_0(z) + C_1(z) \cdot \mu_l + C_2(z) \cdot \mu_l^2 + C_3(z) \cdot \mu_l^3. \quad (6)$$

Отримано такий вид коефіцієнтів поліному (6).

$$C_0(z) = z^{-2}, C_1(z) = \frac{1}{2}(z^{-3} - z^{-1}) - C_3(z),$$

$$C_2(z) = z^{-3} - z^{-2} - C_1(z) - C_3(z),$$

$$C_3(z) = \frac{1}{6}(z^{-3} - z^0) + \frac{1}{2}(z^{-1} - z^{-2}).$$

Модифіковані схеми поліфазних фільтрів Фарроу представлені на рис. 1а, б.

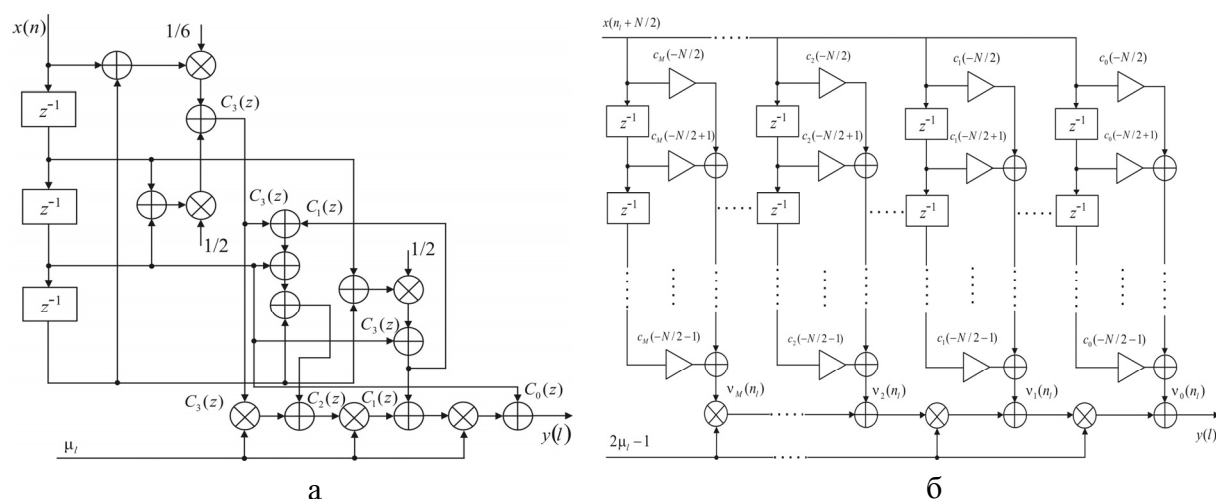


Рис. 1. Модифіковані схеми поліфазного фільтра Фарроу: а – варіант 1; б – варіант 2

Використовуємо аналітичний вираз (2) для імпульсної характеристики інтерполяційного фільтра і опишемо ще один підхід до модифікації

структури інтерполятора Фарроу для системи синхронізації. Замість параметра μ_l в (2) використовуємо конструкцію типу $(2\mu_l - 1)$ для утворення дробового інтервалу. Представимо імпульсну характеристику фільтра наступним чином:

$$h_i[(n + \mu_l)T_{in}] = \sum_{m=0}^M c_m(n)(2\mu_l - 1)^m. \quad (7)$$

де $n = -N/2, -N/2 + 1, \dots, N/2 - 1$.

Якщо μ_l буде змінюватись від 0 до 1, тоді $h_i(t)$ імпульсна характеристика буде приймати на кожному інтервалі $[kT_{in}, (k+1)T_{in}]$ для $k = -N/2, \dots, N/2 - 1$ наступну конструкцію:

$$h_i(t) = \sum_{m=0}^M c_m(k) \left(\frac{2(t - kT_{in}) - 1}{T_{in}} \right)^m, \quad (8)$$

Властивості симетрії $h_i(-t) = h_i(t)$ можна уявити так $c_m(n) = (-1)^m c_m(-n - 1)$, для $m = 0, 1, \dots, M$ і $n = 0, 1, \dots, N/2 - 1$.

Для дослідження запропонованих рішень проведемо розробку імітаційної схеми телекомунікаційної системи передачі даних. Порівняння результатів дослідження запропонованих рішень при побудові інформаційно-управляючих систем пристрою синхронізації будемо проводити на основі аналізу багатозафазної системи управління.

Мета і завдання дослідження

Метою дослідження є розробка математичних моделей формалізованого опису процесу синтезу модифікованих інформаційно-управляючих пристроїв синхронізації, розробка апарату багатозафазної інтерполяції з розширенням технічної інтерпретації багатозафазних узгоджених фільтрів пристроїв синхронізації. Необхідно провести побудову математичної моделі шляхом формалізації рішення рівняння багатозафазної інтерполяційної системи, визначити залежності оцінки від фазової помилки і нормованої часової помилки при різних значеннях дробового інтервалу і багатозафазної конструкції банку узгоджених фільтрів в приймачах маніпульованих сигналів телекомунікаційних систем передачі інформації.

Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити такі завдання:

- експериментально дослідити вплив значень дробового інтервалу інтерполяції інформаційно-управляючої системи на величину помилки пристрою синхронізації;

– використовуючи метод констеляційних діаграм, око-діаграм, побудови кривої завадостійкості – провести оцінку помилки за констеляційною діаграмою, оцінити джитер за розкритом око-діаграми і зміну завадостійкості при фіксованому значенні ймовірності бітової помилки.

Основна частина

Для побудови пристрою синхронізації використовуємо набір фільтрів які дозволяють провести багатозадачну реалізацію узгодженого фільтра при інтерполяції замість окремого поліноміального інтерполяційного фільтра. Таким чином, інтерполяція і узгоджена фільтрація будуть згорнуті в одну операцію. Поліфазний банк фільтрів також дозволяє легко управляти фазою з метою узгодження швидкостей $1/T_{in}$ і $1/T_i$. На рис.2 представлена функціональна схема інформаційно-управляючої системи на основі інтерполяційного пристрою системи синхронізації.

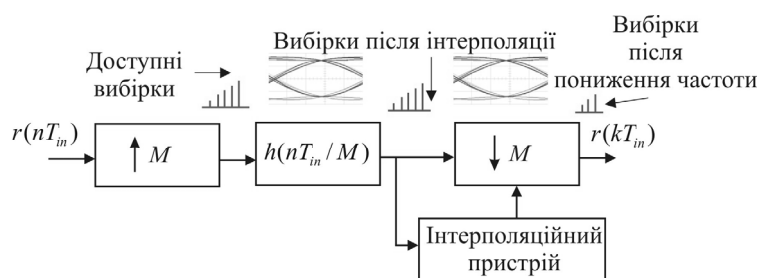


Рис. 2. Функціональна схема інформаційно-управляючої системи з інтерполяційним пристроєм

Процес роботи такої схеми можна описати таким чином: послідовність відліків вхідного сигналу $r(nT_{in})$ коригується шляхом зміни частоти дискретизації (M і N), а фаза прийнятого комплексного сигналу основної смуги частот відновлюється за N вибірок на символ. Дискретизація послідовності відліків підвищується з коефіцієнтом M , після чого утворюється нова послідовність відліків, яку позначимо $r(nT_{in} / M)$.

Послідовність, яка утворюється на виході узгодженого фільтра, містить $2L$ символів. Система управління процесом синхронізацією вибирає N відліків протягом кожного символного періоду, тоді вихід задається рівнянням:

$$y\left(n \frac{T_{in}}{M}\right) = \sum_{l=-MNL}^{MNL} r\left((n-l) \frac{T_{in}}{M}\right) h\left(l \frac{T_{in}}{M}\right), \quad (9)$$

після чого вихідний сигнал зменшується по частоті дискретизації для отримання N вибірок на символ, де один із зразків є найближчим до $y(nT_{in} + \tau)$ з можливим розрізненням. У випадку багатофазного розкладання потрібні не всі відліки які визначаються з (9):

$$r\left(n \frac{T_{in}}{M}\right) = \begin{cases} r(nT_{in}), & n = 0, \pm M, \pm 2M, \dots, \\ 0 & \text{інакше} \end{cases}, \quad (10)$$

де кожний M -й відлік відрізняється від нуля для КІХ-фільтра (трансверсального).

На момент часу який відповідає високій частоті дискретизації, значення відмінні від нуля збігаються з коефіцієнтами фільтра: $h(-2MT_{in}), h(-MT_{in}), h(0), h(MT_{in}), h(2MT_{in}), \dots$

Результат фільтрації представимо наступним чином:

$$\sum_{i=-NL}^{NL} r((n-i)T_{in})h(iT_{in}) = y(nT_{in}). \quad (11)$$

В наступні моменти часу не нульові значення $r(nT_{in}/M)$ збігаються з коефіцієнтами фільтра:

$$h(-2MT_{in} + 1), h(-MT_{in} + 1), h(1), h(MT_{in} + 1), h(2MT_{in} + 1), \dots$$

Таким чином, вихідні відліки фільтра можна аналітично представити таким чином:

$$\sum_{i=-NL}^{NL} r((n-i)T_{in})h\left(\left(i + \frac{1}{M}\right)T_{in}\right) = y\left(\left(n - \frac{1}{M}\right)T_{in}\right). \quad (12)$$

Для m -го моменту часу, відмінні від нуля значення $r(nT_{in}/M)$ збігаються з коефіцієнтами фільтра:

$$h(-2MT_{in} + m), h(-MT_{in} + m), h(m), h(MT_{in} + m), h(2MT_{in} + m), \dots$$

Тоді вихідні відліки можна аналітично представити:

$$\sum_{i=-NL}^{NL} r((n-i)T_{in})h\left(\left(i + \frac{m}{M}\right)T_{in}\right) = y\left(\left(n - \frac{m}{M}\right)T_{in}\right). \quad (13)$$

Графічно (13) можна уявити рис.3, де представлений паралельний банк з M фільтрів які працюють при частоті дискретизації $1/T_{in}$. Кожний фільтр з банку фільтрів працює з пониженням частоти дискретизації відліків на виході узгодженого фільтра. Імпульсну характеристику для $h_m(nT_{in})$ представимо наступним чином:

$$h_m(nT_{in}) = h\left(nT_{in} + \frac{m}{M}T_{in}\right). \quad (14)$$

Еталонні відліки даних в схемі, утворюються одночасно на всіх фільтрах з реалізованого банку фільтрів. Необхідний фазовий зсув на виході вибирається при підключенні виходу до відповідного фільтру в банку фільтрів.

Безпосередня реалізація фільтруючої системи на основі банку фільтрів буде характеризуватися вимогами до їх паралельної роботи. На практиці, досить реалізувати одноланковий фільтр з набором вагових еквівалентів, які вибираються з пам'яті за допомогою покажчика під контролем системи управління на основі фазового автопідстроювання частоти.

Розглянемо можливі схемотехнічні особливості реалізації детекторів фазової помилки для інформаційно-управляючих пристроїв блоків синхронізації з використанням багатозафазного банку фільтрів. На рис. 4 представлена схема використання багатозафазної конструкції на основі банку фільтрів для детектора з вікном на "випередження-затримку" [7].

У схемі виходи багатозафазних фільтрів безпосередньо використовуються для формування фазової помилки, яку визначимо як $\Delta\tau/T_{in} = 1/MN$. В схемі використовуються три виходи з багатозафазного банку фільтрів, два для обчислення помилки пристрою синхронізації з вікном на "випередження-затримку" і один вихід для отримання результату узгодженої фільтрації.

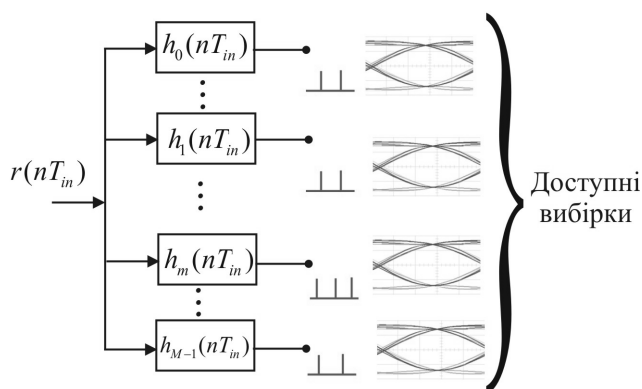


Рис. 3. Схема багатозафазної конструкції банку узгоджених фільтрів

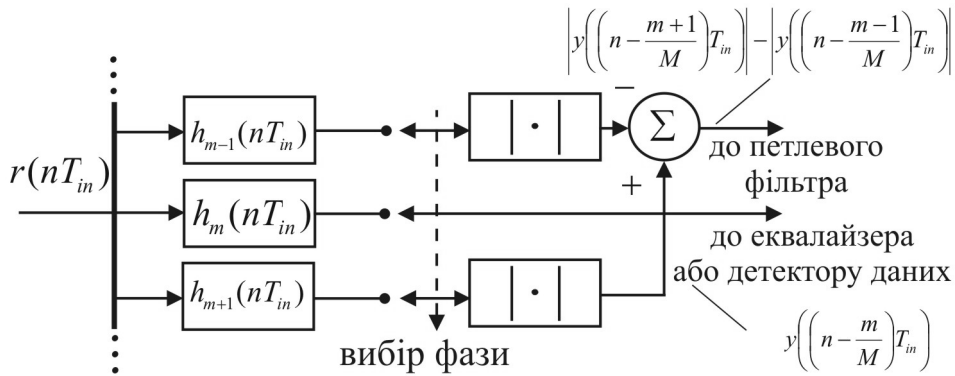


Рис. 4. Схема багатофазної конструкції для детектора фазової помилки пристроїв синхронізації з вікном на "випередження-затримку"

На рис.5 представлена схема багатофазної конструкції для детектора максимального правдоподібності пристроїв синхронізації (використовується два фільтри для обчислення похідної):

$$h_m(nT_{in}) = h_{m+1}(nT_{in}) - h_{m-1}(nT_{in}) \text{ де } m = 1, 2, \dots, M-2;$$

$$h_0(nT_{in}) = h_1(nT_{in}) - h_{M-1}(nT_{in}); \quad h_{M-1}(nT_{in}) = h_{M-2}(nT_{in}) - h_0(nT_{in}).$$

Розглянемо особливості архітектури кола управління пристроєм синхронізації з використанням поліфазних фільтруючих систем. Архітектура містить чотири основні складові: поліфазний і узгоджений фільтр, детектор часової помилки, петлевий фільтр і контролер. Багатофазний узгоджений фільтр тактується відліками, які надходять через кожні T_{in} секунд. Детектор помилки синхронізації пов'язаний з узгодженим фільтром, з виходів якого подаються відліки на поліфазний банк фільтрів кожні T/N секунд, і виводить повідомлення про помилку синхронізації кожні T секунд.

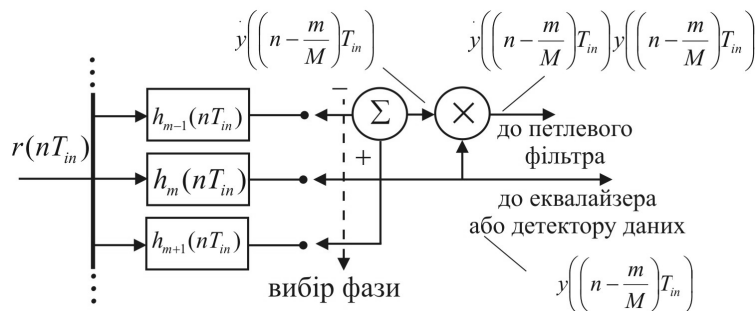


Рис. 5. Схема багатофазної конструкції для детектору максимальної правдоподібності пристроїв синхронізації (використовується два фільтра для обчислення похідної)

Детектор помилок синхронізації використовується для приведення в дію фільтра зворотного зв'язку і контролера контуру [12, 13]. Можна виділити наступні рішення для реалізації кола управління зворот-

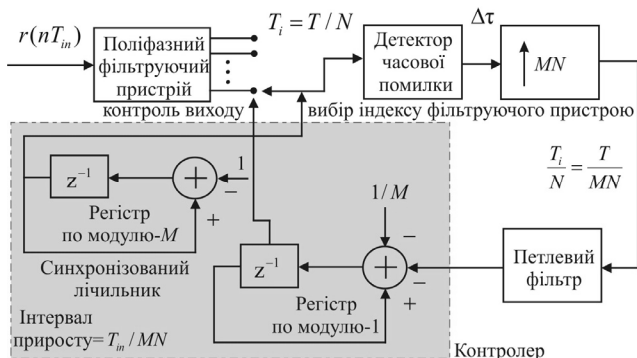


Рис. 6. Схема управління петлі регулювання пристрою синхронізації який працює по MN вибіркам/символ

ного зв'язку M -подібним багатofазним узгодженим фільтром: фільтр контуру і контролер управляються MN вибірка-ми/символ; N – вибірка-ми/символ або однією вибіркою/символ. Конструкції описаних вище пристроїв синхронізації представимо на рис. 6 і рис. 7.

В схемі на рис. 6 використано два лічильника син-

хронізації з зразковими вибірками. Один лічильник по модулю M , забезпечує вибір індексу фільтруючого пристрою, а нижній лічильник по модулю -1 .

На схемі поданої на рис.7, представлено коло управління петлі регулювання пристрою синхронізації, яке працює за N вибірок/символ. Контроль процесу інтерполяції проводиться на основі лічильника по модулю 1, який функціонує як генератор керований кодом (NCO). Зміст регістру переповнення використовується для розрахунку індексу багатофазної фільтрації. Новий інтерполянт утворений багатофазним узгодженим фільтром за допомогою N вхідних вибірок. У випадку, коли регістр переповнений, інтервал проведення інтерполяції зміщується в кінець багатофазного фільтра, цей процес здійснюється під управлінням блоку "контроль стану".

В схемі на рис. 7 об'єднані узгоджений фільтр і інтерполятор в одному багатofазному фільтрі. В цьому випадку, коло управляється за допомогою N вибірок/символ і вимагає тільки одного лічильника по модулю 1. Лічильник обнулюється з періодом T/N для N часових

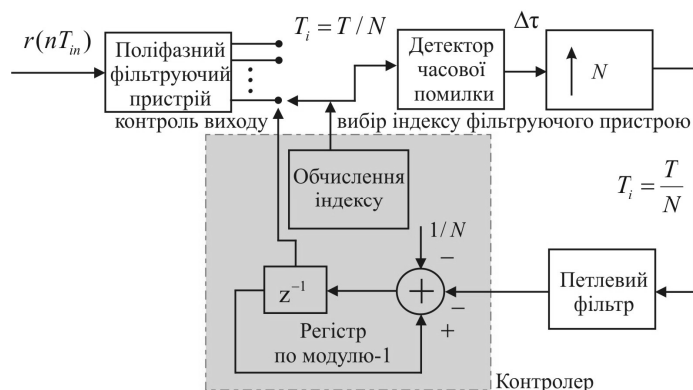


Рис. 7. Схема управління петлі регулювання пристрою синхронізації працює за N вибірках/символ

вибірок на символ. Інший лічильник забезпечує управління багатofазним узгодженим фільтром. Відповідний індекс багатofазного фільтруючого пристрою обчислюється аналогічно, шляхом квантування необхідним інтерполяційним інтервалом μ , до найближчого числа, кратного $1/M$.

Для дослідження запропонованих рішень проведемо розробку імітаційної схеми системи передачі даних з інформаційно-управляючою системою на основі модифікованої поліфазної конструкції рис. 8. Вибірка сигналу здійснюється за допомогою фіксованого тактового сигналу дискретизації, таким чином, відбір відліків не синхронізований з прийнятим сигналом. В цьому випадку легко змінити частоту дискретизації, причому частота дискретизації не повинна бути кратна частоті символів. Крім того немає необхідності в застосуванні системи фазового автоматичного підстроювання (ФАПЧ) [7].

На рис.9 представлена розроблена імітаційна схема. В схемі сигнал утворюється в підсистемі "схема формування сигналу" до складу якої входить підсистема "модулятор". В схемі вихідний сигнал після скремблювання потрапляє на кодер Грея, далі відбувається диференціальне кодування, екстраполяція, передискретизація («Upsample») і обмеження сигналу по спектру фільтруючим пристроєм («FIR Filter»). Далі в схемі на рис. 9 вихідний сигнал потрапляє на підсистему поліфазний інтерполятор «Polyphase interpolator» і в канал передачі інформації. Фазова помилка для проведення експерименту задається блоком «Phase offset».

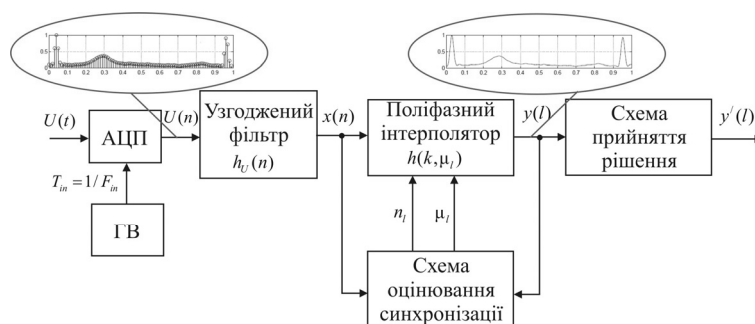


Рис. 8. Схема цифрового приймача з інформаційно-управляючою системою на основі поліфазного інтерполятора: ГО - генератор вибірок (тактів)

Приймання переданої інформації виконується за допомогою пристрою обробки сигналів, основа якого інформаційно-управляюча схема синхронізації з поліфазним інтерполятором. До складу схеми, відповідно до рис. 8, входить: узгоджений фільтр «Matched filter» (цифровий

KIX – фільтр нижніх частот, типу піднятий косинус, порядок – 32, тип вікна Voexar), поліфазний інтерполятор

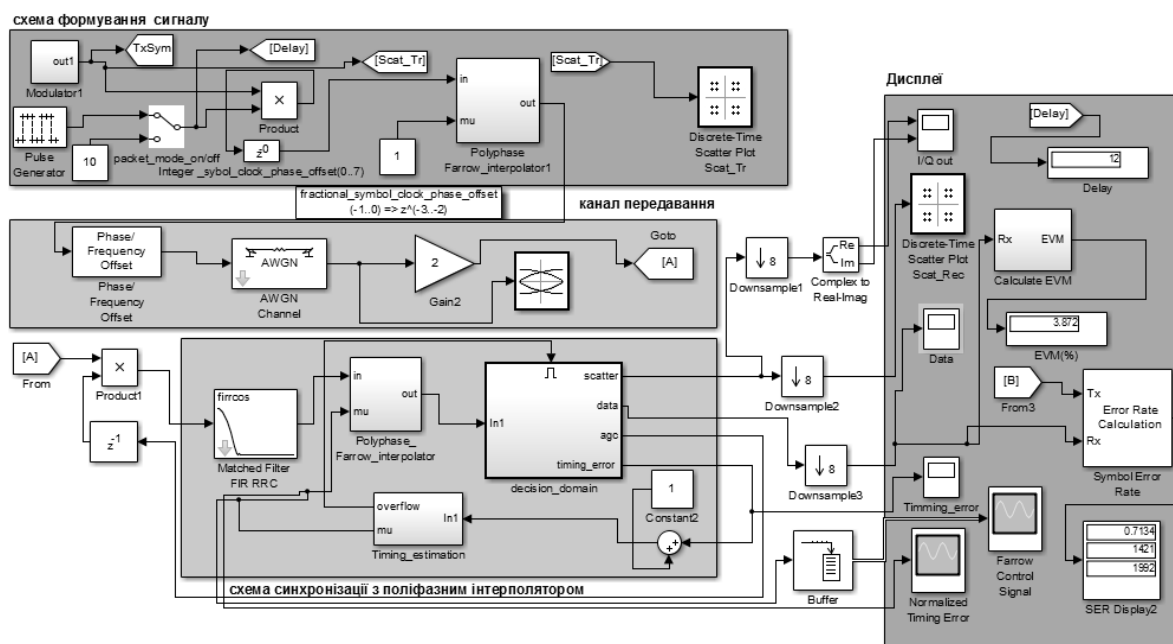


Рис. 9. Імітаційна схема системи передачі даних для дослідження інформаційно-управляючого пристрою синхронізації з поліфазним інтерполятором

«Polyphase_Farrow_interpolator», інформаційно-управляюча підсистема оцінки синхронізації, де відповідно до формули (1) формуються: n_l -вихідна координата, що визначає $I = I_2 - I_1 + 1$ відліків сигналу для використання l -м інтерполятором; μ_l -дробовий інтервал дискретизації який визначає коефіцієнти фільтра l -го інтерполянту.

В ході експерименту проводилося вимірювання виграшу в підвищенні завадостійкості обробки сигналів, визначення помилки за констеляційною діаграмою.

Для оцінки динаміки спотворення сигналу в каналі передачі інформації будемо користуватися величиною вектора помилки EVM (Error Vector Magnitude). EVM визначається як відношення середньоквадратичної величини вектора помилки до пікового значення вектора, зафіксованого для реальних символів. Тоді під вектором помилки будемо розуміти відстань між розрахунковим і фактичним положенням символу на констеляційній діаграмі. Її значення визначається за рахунок вимірювання констеляційної діаграми, яка враховує всі види спотворень.

Загальна формула для визначення помилки має такий вигляд [9]:

$$\text{EVM} = \sqrt{\frac{1 / N \sum_{i=1}^k (e_k)}{1 / N \sum_{i=1}^k (I_k^2 + Q_k^2)}} \cdot 100\%, \text{ де: } e_k = \left(I_k - \bar{I}_k \right)^2 + \left(Q_k - \bar{Q}_k \right)^2. \quad (15)$$

Експериментальні дані та їх обробка

На рис. 10-14 представлені результати дослідження інформаційно-управляючого пристрою блоку синхронізації з багатофазною фільтруючою системою у вигляді дисплея для оцінки часової помилки і дисплея сигналу с узгодженого поліфазного фільтра.

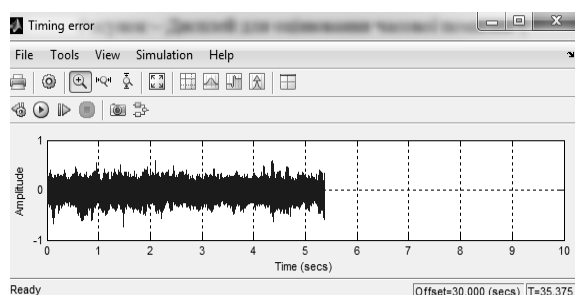


Рис. 10. Дисплей для оцінки часової помилки (детектор часової помилки для рис. 2)

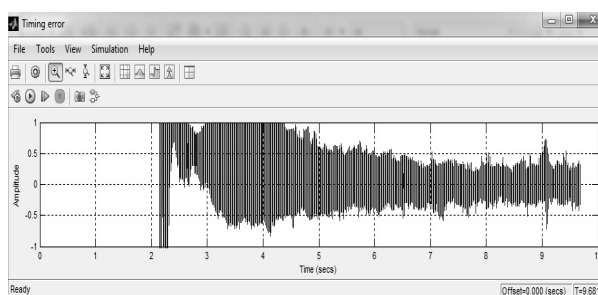


Рис. 11. Дисплей для оцінки часової помилки (детектор часової помилки для рис. 6)

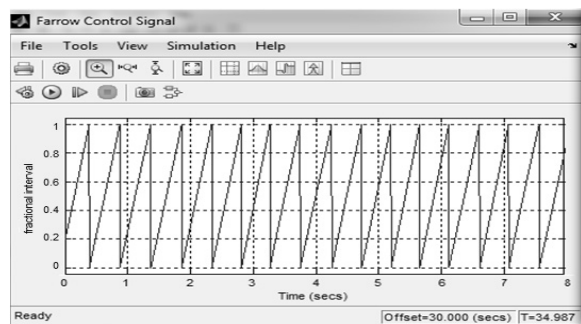


Рис. 12. Дисплей для оцінювання сигналу з інтерполятора Фарроу (результати моделювання: реакція на стрибок фази для тактової синхронізації, цикл працює при 2 відліках/символ, з детектором максимальної правдоподібності і інтерполяційним фільтром Фарроу ($\mu = 1$))

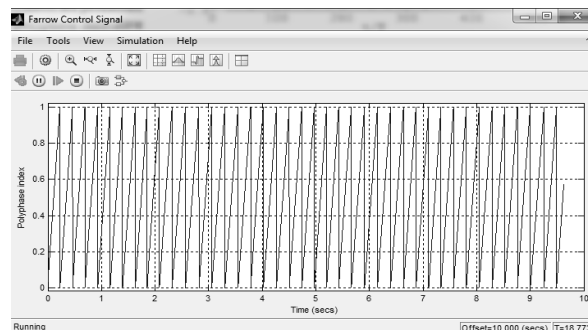


Рис. 13. Дисплей для оцінки сигналу з інтерполятора Фарроу (результати моделювання: реакція на стрибок фази для тактової синхронізації, цикл працює при 2 відліках/символ з детектором максимальної правдоподібності та 32-х ланковим узгодженим фільтром)

На рис.14 сигнал на виході банку фільтрів в тривимірному поданні.

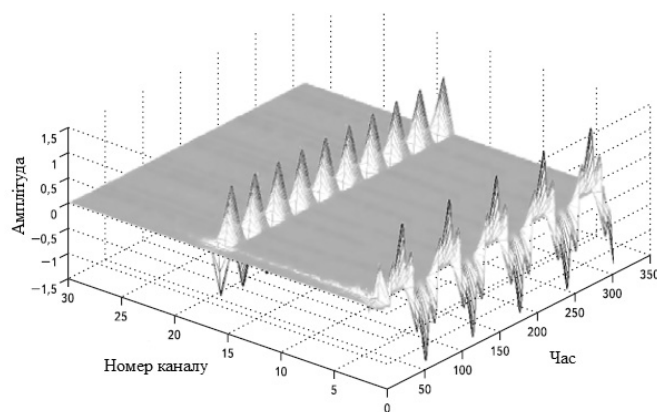


Рис. 14. Сигнал на виході банку фільтрів

На рис. 15 представлені дисплеї для оцінки відстеження динаміки зміни помилки синхронізації, а на рис. 16 квадратурні сигнали (I/Q) в пристрої синхронізації.

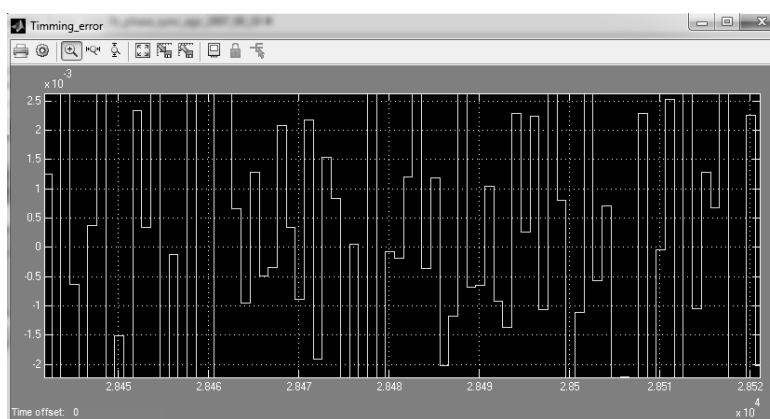


Рис. 15. Дисплей для оцінки відстеження динаміки зміни помилки синхронізації в системі управління

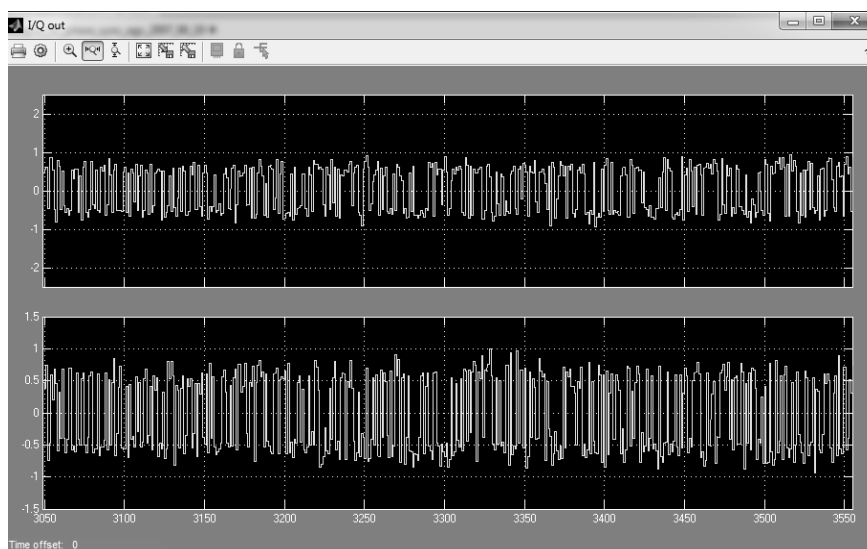


Рис. 16. Дисплей для оцінки відстеження динаміки зміни квадратурних сигналів (I/Q) в пристрої синхронізації

На рис. 17 і 18 констеляційні діаграми отримані методом імітаційного моделювання, зокрема на рис. 17 - діаграма, отримана після каналу передачі інформації, а на рис. 18 - діаграма відновленого сигналу після системи синхронізації.

На рис. 19 подано констеляційну діаграму, отриману на передавальній стороні каналу передачі інформації у підсистемі «схема формування сигналу». В дослідженнях використана квадратурна фазова маніпуляція QPSK [2]. На рис. 20 представлені констеляційні діаграми для оцінки ефективності застосування систем синхронізації. Спостерігаємо досить якісне відтворення сигналу, що передається.

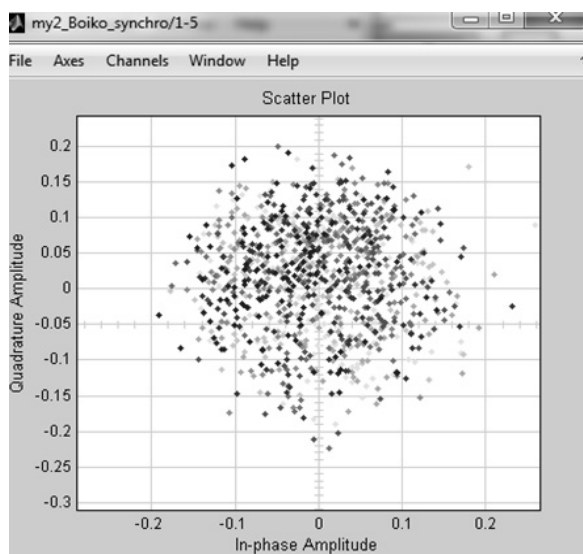


Рис. 17. Констеляційна діаграма сигналу після каналу передачі інформації

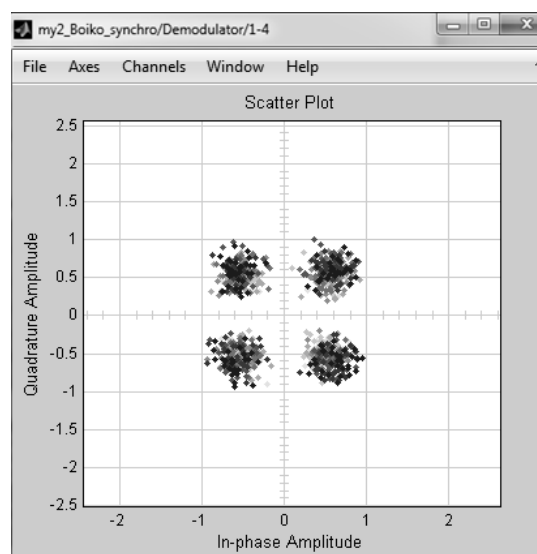


Рис. 18. Констеляційна діаграма відновленого сигналу після системи синхронізації

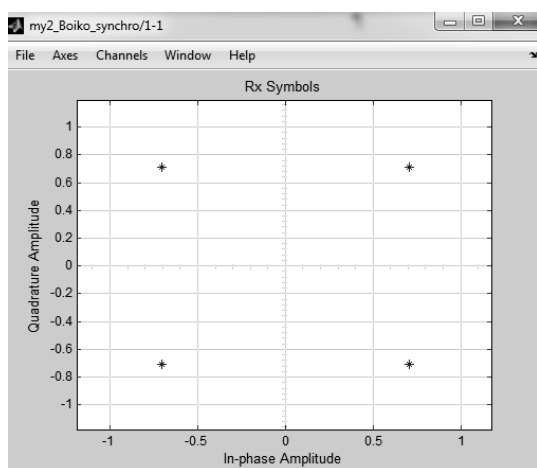


Рис. 19. Констеляційна діаграма на передавальній стороні каналу передачі інформації

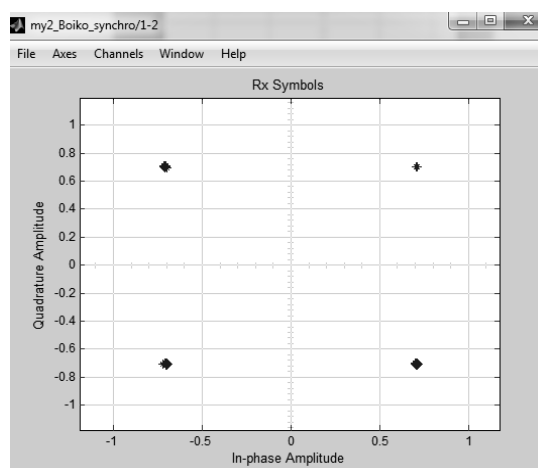


Рис. 20. Констеляційна діаграма відновленого сигналу після спрацювання систем синхронізації на приймальній стороні

На рис. 21 представлено констеляційну діаграму отриману методом математичного моделювання на приймальній стороні в системі тактової синхронізації, а на рис. 22 – діаграма, отримана для системи фазової синхронізації.

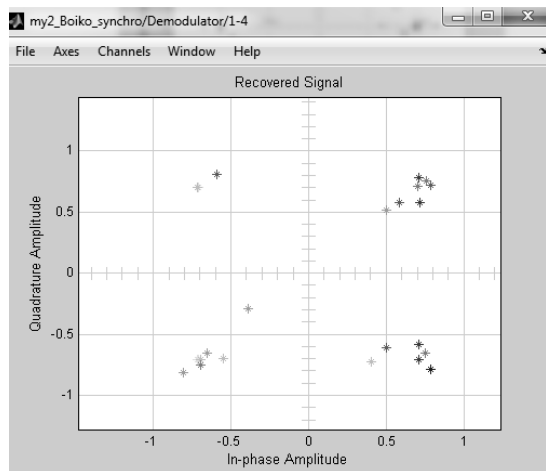


Рис. 21. Констеляційна діаграма на приймальній стороні каналу передачі інформації в системі тактової синхронізації

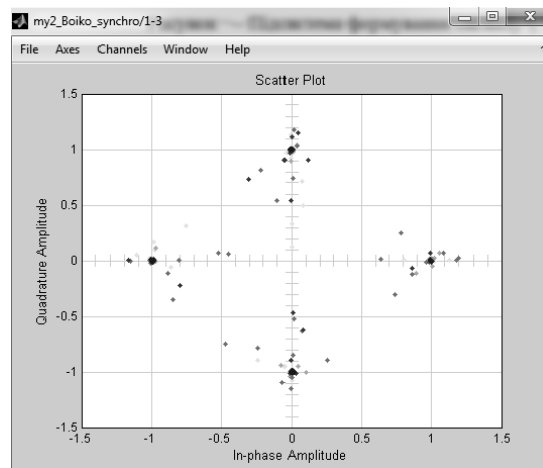


Рис. 22. Констеляційна діаграма на приймальній стороні каналу передачі інформації в системі фазової синхронізації

Зокрема, на рис. 22 досить явно проглядаються наслідки виникнення ефекту "зворотної роботи". В пристрої обробки сигналів констеляційна діаграма класичної QPSK розвертається на 90° , що вимагає застосування способів компенсації зворотної роботи або використання зміщеної (OQPSK) маніпуляції [9].

Як детектор помилки в інформаційно-управляючій системі на рис. 9, вихід «timing error», використаний детектор, імітаційна схема якого представлена на рис. 21. Формалізація процесу роботи такого детектора може бути описана формулами (16-18) [11]:

$$\xi(n) = U_I(n) + U_Q(n), \quad (16)$$

$$U_I(n) = [Y_I((n-1) \cdot T + \Psi_{n-1}) - Y_I(nT + \Psi_{n-1})] \cdot Y_I(nT - T/2 + \Psi_{n-1}), \quad (17)$$

$$U_Q(n) = [Y_Q((n-1) \cdot T + \Psi_{n-1}) - Y_Q(nT + \Psi_{n-1})] \cdot Y_Q(nT - T/2 + \Psi_{n-1}). \quad (18)$$

де $\xi(n)$ - часова помилка в системі синхронізації для n -го символу; Y_I та Y_Q - синфазна і квадратурна складові сигналу; T - період проходження символів; Ψ_n - оцінка фази для n -го символу.

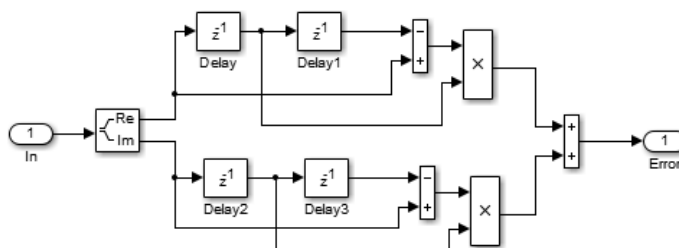


Рис. 21. Підсистема детектора помилки інформаційно-управляючої системи

На рис. 22 представлено око-діаграми отримані методом імітаційного моделювання на передавальній стороні – а, й приймальній стороні – б, каналу передачі інформації. Спостерігаємо задовільний розкритт око-діаграми на рис. 22 б і зменшення джитеру в порівнянні з діаграмою на рис. 22, а.

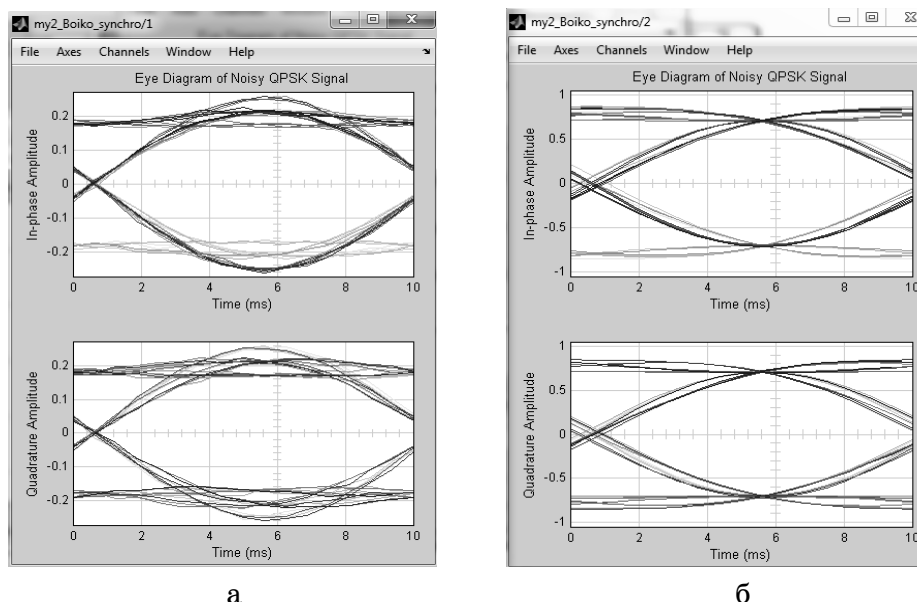


Рис. 22. Око-діаграми для оцінювання спотворень сигналів на передавальному – а, й приймальному – б боці каналу передачі інформації

На рис. 23 і 24 результати дослідження схеми керування пристрою синхронізації, отримані методом імітаційного моделювання.

Зокрема, на рис. 23 представлена оцінка фазової помилки в пристрої фазової синхронізації системи управління. Спостерігаємо флуктуаційну картину зміни оціночної кривої навколо середнього значення помилки фази носійної. Використання модифікованої схеми синхронізації дозволяє зменшити флуктуації фази приблизно в 2,02 рази в умовах експерименту. На рис. 24 цифрою 1 –показана фактична затримка, 2 –оцінена затримка для набору з 100 символів в пристрої тактової синхронізації. Результати моделювання показують, що застосування запропонованого методу синхронізації дозволяє здійснити відстеження затримки, оціночна крива змінює

регулярність і має спотворення в залежності від структури пристрою. Тобто, в цілому експериментальні дослідження вказують на ефективність прийнятих рішень щодо використання модифікованих схем синхронізації.

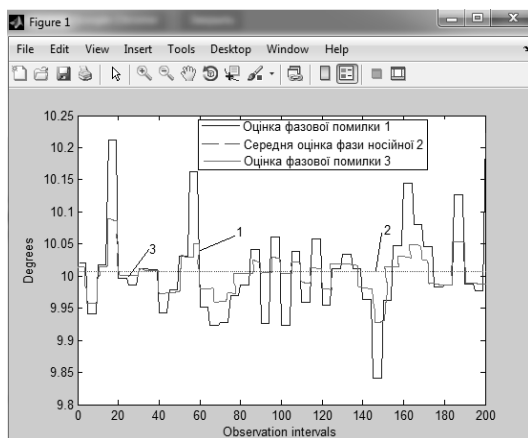


Рис. 23. Дисплей для оцінки фазової помилки в пристрої фазової синхронізації: 1 і 3 – оцінка отримана в результаті моделювання; 2 – середня оцінка фази носійної

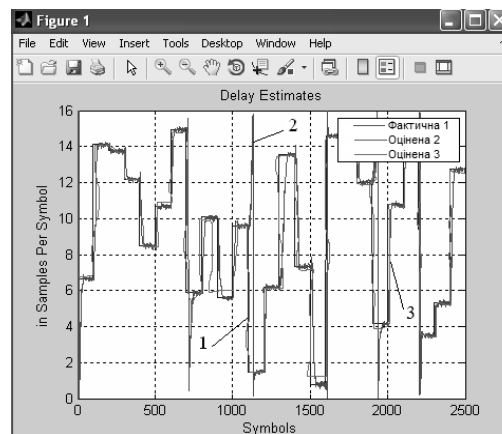


Рис. 24. Дисплей для оцінки затримки символів в пристрої тактової синхронізації: 1 – фактична оцінка; 2 і 3 – оцінка отримана в результаті моделювання

На рис. 25 представлені результати дослідження завадостійкості блоку прийому і обробки сигналів із застосуванням запропонованих рішень по використанню інформаційно-управляючих інтерполяційних схем.

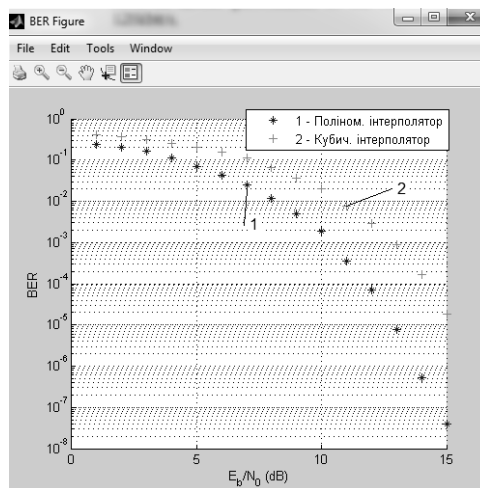


Рис. 25. Залежності для оцінки завадостійкості у вигляді бітової помилки (BER) від відношення E_b / N_0 (сигнал/шум) для блоку обробки сигналів у випадку QPSK: 1 – поліноміальний (поліфазний інтерполятор, модифікований) 2 – кубічний інтерполятор за структурою Лагранжа

Зокрема, підвищення завадостійкості можна визначити шляхом визначення енергетичного виграшу від застосування поліфазних інтерполятором в системі управління. Порівняння результатів дослідження завадостійкості схем синхронізації, на основі модифікованої структури та кубічного інтерполятора Лагранжа для QPSK, дозволяє встановити,

що енергетичний виграш для рівня $BER=10^{-4}$ (ймовірність бітової помилки) становить 2,2 дБ.

Висновки

Аналіз проведених досліджень дозволяє встановити, що використання запропонованих схем управління і обробки сигналів в системах синхронізації ефективно зменшує помилки відтворення даних в телекомунікаційних каналах. Порівняльна оцінка запропонованих схем по дисплею EVM, дозволила отримати значення помилки по констеляційній діаграмі для випадку використання інтерполяційної конструкції Фарроу на рівні 3%. Для випадку застосування багатофазної конструкції, результати дослідження яких представлені на рис. 10–13, на рівні 5,5%. Тобто, в цілому помилка зменшується в 1,8 рази. Крім того, відзначаємо зменшення амплітуди часової помилки, дивитися рис. 10 і рис. 11, в 1,8 рази. Частота проходження контрольного сигналу по дисплею (Farrow Control Signal) в умовах експерименту відрізнялася в 2,5 рази. Однак, отримані результати дозволяють встановити наступне: архітектура пристрою синхронізації на основі банку багатофазних фільтрів має дві переваги в порівнянні з пристроями синхронізації з інтерполяційним пристроєм: подібні пристрої містять у своїй структурі окремий інтерполяційний фільтр, крім узгодженого фільтра (дивитися рис. 2). У випадку багатофазної узгодженої фільтрації, блок управління синхронізацією не вимагає наявності додаткового інтерполяційного пристрою, при цьому знижується складність пристрою синхронізації. Крім того, в разі використання пристрою синхронізації на основі багатофазного банку узгоджених фільтрів можна реалізувати конструкцію для детектора з вікном на «випередження-затримку». В таких схемах виходи багатофазних фільтрів безпосередньо використовуються для формування оцінки фазової помилки.

Список використаних джерел

1. Boiko, J. M., Eromenko, A. I. (2014). Improvements Encoding Energy Benefit in Protected Telecommunication Data Transmission Channels. *Communications*. Science Publishing Group, USA. Vol. 2, No. 1. – P. 7–14. doi: 10.11648/j.com.20140201.12.
2. Juliy Boiko, Victor Stetsiuk, Victor Michan. (2012). Improving noise immunity of QPSK demodulation of signals in digital satellite com-

munication systems. TCSET'2012 *IEEE*. 21 - 24 February, pp. 257, Lviv – Slavske.

3. J. M. Boiko, A. I. Eromenko. (2014). Solutions Improve Signal Processing In Digital Satellite Communication Channels. 20th International *IEEE* conference on microwaves, radar and wireless communications. MIKON-2014. June 16-18, pp. 126–129, Gdansk – Poland.

4. Juliy Boiko, Oleksander Eromenko. (2014). Noise immunity assessment in telecommunication systems with cascade encoding structures. TCSET'2014 *IEEE*. 25–26 February, pp. 431-433, Lviv – Slavske.

5. Boiko, J. M. (2013). Improving effectiveness for processing signals in data transmission channels with phase manipulation. 23rd International *IEEE* Crimean Conference “Microwave & Telecommunication Technology” September 9–13, pp. 262–263, Sevastopol.

6. Oleg Shynkaruk, Juliy Boiko, Oleksander Eromenko (2016). Measurements of the energy gain in the modified circuit signal processing unit. TCSET'2016 *IEEE*. 23–26 February, pp. 582-585, Lviv – Slavske.

7. Boiko, J. M., Eromenko, A. I. (2015). Analysis of solutions to improve efficiency of signal processing devices in telecommunication. European Applied Sciences. Germany. № 5. – P. 47–56. ISSN: 2195–2183.

8. Boiko, J. M., Eromenko, A. I. (2014) Problems synthesis device clock synchronization receivers satellite telecommunication data transmission systems. Visn. NTUU KPI, Ser. Radiotekh. radioaparotobuduv., no. 58, pp. 55–66. (in Ukrainian). ISSN: 2310–0397.

9. Boiko, J. M. (2015) Increasing the noise immunity of signal processing units of telecommunications on the basis of the modified synchronization schemes. Visn. NTUU KPI, Ser. Radiotekh. radioaparotobuduv., no. 61, pp. 91–107. (in Ukrainian) ISSN: 2310-0397.

10. Boiko, Yu. M., Yeriomenko, O. I., Tkachuk, V. M. (2014). Optimization of receiver synchronization devices of protected telecommunication data transmission systems. Visn. Vinnickogo politechnichnogo institute, Ser. Radioelectronics and equipment radioelectronic., no. 5, pp. 144–151.p. (in Ukrainian). ISSN: 1997–9266.

11. F. M. Gardner (1990). Frequency Detectors for Digital Demodulators via Maximum Likelihood Derivation, Final Report: Part II: ESTEC Contract No. 8022/88/NL/DG, Gardner Research Company.

12. I. R. Parhomey, J. M. Boiko, O. I. Eromenko, Features of digital signal processing in the information control systems of multipositional

radar, *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering* 77/2 (2016) 75–84.

13. J. Boiko, I. Parhomey, Automated control system radar work, Measurement and control in complex systems, 13th *IEEE* International Conference, MCCS – 2016, Vinnytsia, 2016, 109–111.

УДК 004.89:65.011.56

З. Х. Борукаев, К. Б. Остапченко, О. И. Лисовиченко

ПОДХОД К ПОСТРОЕНИЮ СИСТЕМ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ ОРГАНИЗАЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГОРЫНКОМ

Аннотация: Приведены результаты исследования выбора и особенностей применения систем поддержки принятия решений для автоматизации процессов реализации функциональных задач организационного управления на оптовом рынке электроэнергии.

Ключевые слова: автоматизация, организационное управление, оптовый рынок электроэнергии, система поддержки принятия решений.

Введение

В современных условиях постоянно меняющихся цен на рынках энергоносителей существенно возрастает роль компьютерного моделирования динамики функционирования Оптового рынка электроэнергии (ОРЭ) для определения сбалансированной прогнозной оптовой цены покупки электроэнергии. В работе [1] приведена формулировка такой задачи математического и компьютерного моделирования, а в работах [2,3] проведено расчетно-экспериментальное исследование предложенных для ее решения моделей, их адекватности для краткосрочного прогнозирования оптовой цены покупки электроэнергии на ОРЭ. В результате анализа взаимосвязи данных динамики цен на электроэнергию и на энергоносители в [4], обоснована необходимость создания компьютерной системы мониторинга динамики энергорынка для решения ряда функциональных задач организационного управления ОРЭ.

В работе [5] отмечалось, что создание подобной системы является наукоёмкой и ресурсоёмкой задачей. Поэтому выбор и обоснование наиболее экономичного пути её решения на всех этапах от постановки задачи, проектирования, практической реализации, до непосредственного внедрения и последующей эксплуатации в течение возможно более продолжительного жизненного цикла, имеет весьма существенное значение.

Целью настоящей работы является дальнейшее обобщение и развитие предложенного в работе [5] подхода к построению компьютерных

систем организационного управления (КСОУ) на базе информационно-аналитической системы мониторинга (ИАСМ), а также выбор и обоснование перехода к системе поддержки принятия решений (СППР) и включения в ее состав ИАСМ для построения интегрированной системы, ориентированной на исследование основных показателей состояния производства и экономики субъектов ОРЭ.

1. Постановка задачи исследования

Одним из способов организационного управления, получившим довольно широкое распространение при управлении сложными организационно-техническими системами, является ситуационное управление – управление на основе сложившихся фактов и обстоятельств, которые могут быть представлены в виде некоторой совокупности показателей функционирования объекта управления, его системы организационного управления и внешней среды их существования [6].

Формализация такого способа управления предполагает определение и введение понятий ситуации, её классификации и идентификации в некотором пространстве выходных показателей состояния управляемого объекта. При его реализации в СППР, которые предназначены для автоматизированного управления сложными системами, возникают определённые трудности. Они связаны с тем, что описание ситуаций и их идентификация с помощью множества показателей может оказаться невозможным за реальное время ввиду того, что число возможных сочетаний значений этих показателей практически становится сколь угодно большим. А автоматизация процессов организационного управления при решении неструктурированных или слабоструктурированных задач, которые зачастую возникают в управленческой деятельности, представляется весьма сложным в связи с высокой степенью информационной неопределенности. Условием перехода к большей определенности является получение новой информации, что может быть достигнуто с помощью использования СППР [7].

Поэтому на первом этапе создания КСОУ в качестве базовой для СППР составляющей информационной технологии, в работе [5] было предложено использовать ИАСМ. ИАСМ - система специально организованного автоматизированного отслеживания поведения объекта управления, его системы управления и внешней среды их существования по заранее согласованным интегральным показателям с целью определения соответствия их значений

требуемым прогнозным и плановым параметрам [8-11]. Указанные показатели могут быть использованы в качестве исходных данных в более сложных моделях анализа, прогнозирования и комплексной оценки состояния объекта управления, решении задач повышения эффективности его функционирования с помощью компьютерных моделей.

В зависимости от сложности задач информационной поддержки принятия решений в качестве КСОУ могут применяться информационные системы различного предназначения. Решение же таких задач, как анализ и комплексная оценка обстановки, прогноз изменения обстановки и оценка последствий принимаемых решений, интеллектуальная поддержка пользователей, анализ и прогноз развития внешней экономической и политической ситуации требует создания СППР ориентированных на анализ данных с помощью специальных имитационных, прогнозных, расчетных моделей и средств решения оптимизационных задач.

Очевидно, что в ближайшие годы вряд ли появятся универсальные СППР, реализующие модели функционирования сложных организационно-технических систем, которые можно было бы адаптировать и использовать для управления конкретным объектом. Поэтому, усилия разработчиков систем такого класса будут направлены на создание объектно-ориентированных систем.

Кроме того, на текущий момент не выработано единого общепризнанного определения СППР. Существует некоторое количество определений, раскрывающие отдельные принципиальные отличия подобных систем в множестве автоматизированных информационных систем, связанные с их назначением при использовании в управлении сложным объектом. В нашем случае под СППР будем рассматривать интерактивную объектно-ориентированную ИАСМ, управляемую данными и моделями, основным назначением которой является удовлетворение информационно-аналитических потребностей лица принимающего решения при решении неструктурированных или слабоструктурированных задач.

Современные информационные технологии позволяют СППР решать следующие классы задач [12]:

– аналитические – вычисление заданных показателей и статистических характеристик функционирования сложных систем на основе ретроспективной информации из базы данных;

- визуализация данных – наглядное графическое и табличное представление имеющейся информации;
- получения знаний – определение взаимосвязей и взаимозависимостей процессов сложных систем на основе существующей информации;
- имитационные – проведение на ЭВМ экспериментов с математическими моделями, описывающими поведение сложных систем в течение заданного или формируемого интервала времени для анализа возможных последствий принятия того или иного решения.

В результате, процесс создания интерактивной СППР, управляемой данными и моделями, которая ориентирована на решение перечисленных выше задач, необходимо строить на принципах хранилищ данных, к основным из которых отнесены [13]:

1. Разделение данных на показатели (параметры) и измерения, определяющие соответственно состояние и пространство.
2. Логическое представление значений показателей в виде многомерного куба, упорядоченного по равноправным измерениям.
3. Неограниченное число и количество уровней иерархических связей между значениями измерений.
4. Гибкое манипулирование данными, возможность построения подмножества значений показателя по любому правилу, определенному на множестве значений его измерений.
5. Неограниченные возможности агрегирования заданного подмножества значений показателя.
6. Развитые средства табличного и графического представления данных конечному пользователю.

Основная цель хранилищ – создание единого логического представления данных, содержащихся в базе данных (БД).

В настоящей работе, в целях развития и совершенствования ИАСМ ОРЭ, предлагается включить в структуру СППР по управлению функционированием энергорынка следующие компоненты (рис. 1):

- модели объектов, участвующих в структурообразующих связях оптового рынка, определяющих правила его функционирования;
- модели показателей (параметров) функционирования оптового рынка;
- моделирующие алгоритмы (модели различного предназначения), определяющих правила образования и изменения значений показателей функционирования рынка;

– модель взаимодействия (интерфейса) и представления данных пользователю.

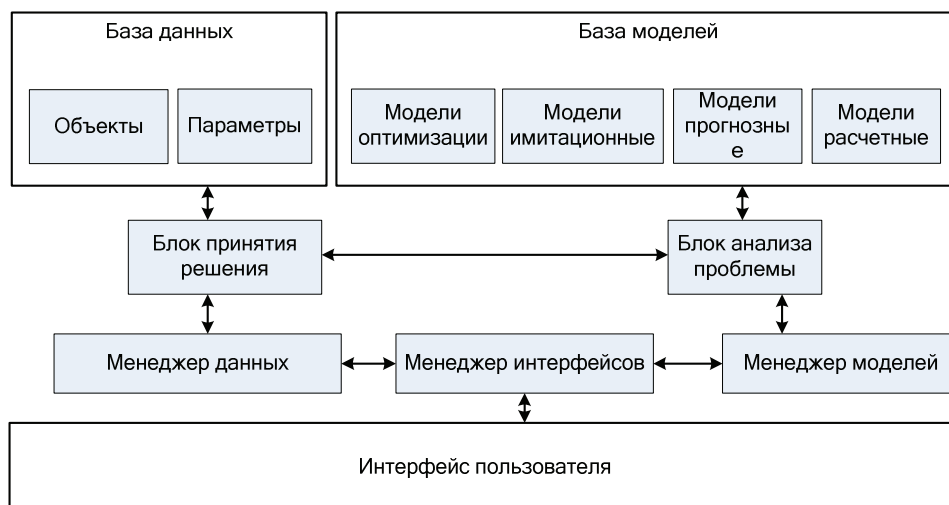


Рис. 1. Концептуальная модель СППР оптового рынка

База моделей в СППР формируется из динамических моделей, в которых анализируемые показатели процессов функционирования энергорынка отображают не только текущее состояние объектов, а и их изменение во времени. Поэтому, в целом база моделей реализуется как трехмерное представление данных в виде куба, где измерениями являются время, объекты, параметры, а ячейками – значения, определяющие состояние процесса функционирования рынка. Такая многомерная модель позволяет делать плоские разрезы куба данных и поворачивать его нужной гранью при поиске затребованной информации разными группами пользователей.

Основными требованиями к моделям СППР служат:

1. Многофункциональность – модель должна позволить проводить расчетные эксперименты в различных режимах (имитационном, прогнозическом с проверкой конкретных решений, стратегическом для определения решения, диагностическом для апостериорного анализа и выявления причин наблюдаемых явлений).

2. Представительность – модель должна включать в себя ключевые элементы моделируемой системы (компоненты, факторы, состояния и алгоритмы взаимосвязи между ними).

3. Доступность – модель должна позволять за приемлемое время подготовить и провести расчетные эксперименты.

4. Параметричность – модель должна обеспечивать, при проведении расчетных экспериментов, возможность задания значений требуемого

множества параметров и начальных условий моделирующих алгоритмов, необходимых для настройки модели по реальным данным.

5. Открытость – возможность доработки и усовершенствования модели.

Требования доступности (универсальности) и представительности (единообразия) в способах представления данных пользователю приводит к необходимости создания так называемых метаданных. Метаданные – это любые данные о данных. Метаданные играют важную роль в построении СППР. Одновременно, их применение является одним из наиболее сложных и недостаточно практически проработанных инструментов в современных информационных технологиях создания автоматизированного управления процессами функционирования сложных систем. В общем случае необходимо выделять такие аспекты метаданных, которые должны присутствовать в системе управления, как с точки зрения описания предметной области, так и функциональности системы:

- 1) метаданные о структуре данных прикладной области;
- 2) метаданные о процессах;
- 3) метаданные о способах представления данных пользователю;
- 4) метаданные описания пользователей;
- 5) метаданные по администрированию системы.

Первые два аспекта отражают прикладную специфику решаемых задач и образуют основу модели БД, а остальные – интерфейсную часть взаимодействия пользователя с БД.

Однако, в настоящее время отсутствует единая промышленная технология проектирования, создания и сопровождения метаданных. Поэтому вопросы, связанные с управлением метаданными, следует рассматривать применительно к каждому конкретному проекту построения СППР.

2. Анализ состояния развития информационных технологий проектирования СППР

Вся история создания КСОУ организационно-техническими системами свидетельствует о постоянном их совершенствовании в плане повышения эффективности использования информационных ресурсов, развития инфраструктуры информатизации, развития применяемых для описания производственных процессов управления математических моделей. Основной движущей силой такого развития является

продолжающийся практически революционный рост производительности используемых для целей автоматизации средств вычислительной, телекоммуникационной техники и связи, возможностей общесистемных программных средств и средств сетевого взаимодействия конечных пользователей, систем управления базами данных. В этих условиях большое значение приобретает создание прикладных инструментальных программных систем, которые позволяют проектировать КСОУ, отвечающие возрастающим возможностям перечисленных выше средств автоматизации, и обеспечивают решение задач их непрерывного совершенствования.

Современные требования к функциональности КСОУ в сфере мониторинга производственных показателей субъектов ОРЭ (генерирующих компаний, оптовых поставщиков и др.) предусматривают выполнения следующих условий:

- открытость структуры системы;
- гибкость интерфейса для включения новых объектов данных и алгоритмов реализации математических моделей технологического процесса почасового планирования и оптимального распределения объемов производства энергии между производителями и потребителями по критерию минимальной стоимости на производство электроэнергии на заданном интервале графика нагрузки активной мощности;
- прием, обработка, сохранение информации о состоянии субъектов ОРЭ;
- адаптивность к изменениям, как в структуре, так и в значениях параметров субъектов ОРЭ.

Исходя из возможного развития инфраструктуры объекта автоматизации, развития математических моделей, применяемых для описания расчетно-технологических процессов в системе организационного управления, в современных условиях существенное значение приобретает методология проектирования КСОУ с максимально адаптивной и независимой структурой представления данных предметной области от программного обеспечения системы.

Если раньше при создании КСОУ для каждой отдельной функциональной задачи предметной области необходимо было последовательно реализовывать следующие стадии: описание предметной области; проектирование информационной модели (структуры данных) предметной области; разработка логики обработки данных; программирование

интерфейса системы. То с развитием объектной технологии представления данных [14,15], появилась возможность охватить сложные системы целиком путём проведения их декомпозиции. Кроме того, простое наличие в КСОУ отдельных подсистем еще не обеспечивает решение всего комплекса задач, возникающих как на этапе практического создания системы, так и на этапе ее эксплуатации, связанных с обеспечением надежной и эффективной работы в течение возможно более длительного жизненного цикла.

Идеальным решением проблемы создания адаптивной информационной системы было бы сведение к минимуму модификаций программных модулей системы при переходе к *динамическому моделированию* предметной области объекта автоматизации. При этом структура базы данных и программное обеспечение информационной системы не были бы ориентированы на специфику предметной области и не зависели бы от конкретных прикладных данных.

Однако, распространение принципов объектного моделирования в системах долгосрочного хранения данных, наталкивается на два основных препятствия:

- отсутствие реальных механизмов хранения объектов (в реляционных базах их сохраняют в реляционных структурах и во время работы превращают в объектный вид, что влияет на производительность информационных систем);

- языки программирования не имеют возможности динамично изменять структуру объекта во время выполнения программы.

В этой связи наиболее перспективным направлением в создании КСОУ производственных показателей является подход, основанный на информационной технологии, которая представляет собой гибкое высокоавтоматизированное перенастраиваемое производство моделей автоматизируемых процессов и позволяющее, во-первых, непрерывно совершенствовать технологический процесс создания СППР, поддерживать актуальность инструментальных средств и стандартов, а, во-вторых, что особенно важно, развивать и совершенствовать и саму систему.

Информационная составляющая такой технологии при создании СППР обеспечивает формирование строго определенных структур данных, которые воссоздают модели реализуемых задач и объектов предметной области, учитывают реальные особенности технологических процессов проведения оперативных, плановых и аналитических расчетов и операций по обработке данных.

Технологическая составляющая технологии представляет собой информационно-технологическую платформу (ИТП), которая обеспечивает создание и функционирование всей совокупности математических моделей расчетно-аналитических задач, логически и информационно взаимосвязанных между собой по целевому назначению, расчетными входными и выходными данными.

В результате логика реализации функциональных задач КСОУ становится элементом данных, представленных в виде собственной модели, которая сохраняется в БД, а основной функцией ИТП становится интерпретация и воссоздание в интерфейсе системы взаимосвязанных данных из внутреннего представления функциональных задач и концептуального представления предметной области объекта автоматизации.

Следует также подчеркнуть, что объектом для разработки в СППР являются не только структуры данных функциональных задач предметной области, но и непосредственно процедуры реализации этих задач. Для этого в ИТП вводится дополнительный логический уровень представления процедурной части прикладной программы. В результате логика реализации функциональных задач становится элементом данных, представленных в виде собственной внутренней модели, которая сохраняется в системе управления базой данных, а основной функцией программного комплекса ИТП становится интерпретация и воссоздание в интерфейсе программы взаимосвязанных данных из внутреннего представления функциональных задач и концептуального представления предметной области.

Таким образом, основной целью предлагаемого подхода является улучшение координации и повышение информационной обеспеченности работы пользователей СППР за счет сокращения сроков подготовки объекта автоматизации, ускорения предоставления интерфейсов взаимодействия пользователя, создания интегрированного информационного ресурса и единой программной среды.

В результате следует выделить следующие направления работ по проектированию и созданию СППР на основе ИТП:

- формирование концептуального представления организационной структуры объектно-ориентированной СППР;
- объектное моделирование данных предметной области с целью формирования единой (неизменной) структуры базы данных субъектов организационного управления;

– функциональное моделирование технологических процессов обработки данных с целью унификации программного интерфейса системы через типизацию (классификацию) операций взаимодействия пользователя с объектами предметной области в программном обеспечении системы;

– разработка протоколов информационного обмена данными подключаемых моделей различного назначения с базой данных субъектов организационного управления.

3. Организационная структура ИТП построения СППР

Традиционно при проектировании автоматизированных систем очень часто используется трехуровневая схема построения системы в составе (рис.2):

1) ориентированной на пользователя внешней модели данных - уровень представления модулей прикладного программного обеспечения (ПО) функциональных задач информационной системы;

2) концептуальной модели предметной области информационной системы – уровень моделей (структур) данных функциональных задач;

3) физической модели информационных массивов данных - уровень структур базы данных.



Рис. 2. Статическая структура построения информационной системы

В такой структуре внешняя модель воссоздает способы реализации функциональных задач предметной области, концептуальная модель – требования, связи и структуры данных любой из функциональных задач, а физическая модель используется для представления и организации

доступа к структурированным массивам данных независимо от внутренних свойств предметной области. В концептуальных моделях находят отображения все информационные потоки данных, которые циркулируют в системе, а также функциональные задачи системы, которые выполняют разные операции преобразования потоков, инициированные интерфейсами внешней модели. Концептуальные и внешние модели разрабатываются целенаправленно для задач исследования конкретных проблемных ситуаций. Исходя из данных этих задач устанавливаются границы модели, определяется состав компонент, которые входят в нее, конкретизируется содержание прикладных процессов и способов их анализа. Функции элементов модели определяются в терминах выполняемых им операций преобразования потоков и реализуются в процедурах прикладной программы.

Таким образом, можно говорить о статической структуре организации информационной системы, которая не способна отвечать требованию перехода к *динамическому моделированию* предметной области объекта автоматизации.

Поэтому, в основу гибкой (адаптивной) организационной модели объекта автоматизации должны быть положены типовые черты, которые отражают отличия одного объекта от другого. Целесообразность такого анализа и выделение классов объектов предметной области при разработке внешней и концептуальной модели обусловлена тем, что для разных функциональных задач часто используются одинаковые операции визуализации и преобразования над информационными массивами данных. Кроме того, функции и процессы обработки данных при поэтапном внедрении информационной системы быстро модифицируются, воссоздавая переменные требования пользователей к предметной области. Все это требует такой организации структуры системы, при которой объекты предметной области и взаимосвязи между ними были бы определены независимо от реализации конкретных функциональных задач обработки данных в процедурах и интерфейсах прикладной программы, и представляли собой единую структуру.

В результате, объектом проектирования и описания в организационной модели системы должны выступать не только структуры данных предметной области, а и сами процедуры реализации функциональных задач. Введение дополнительного промежуточного логического уровня представления процедурной и интерфейсной частей программной

среды ИТП между уровнями концептуальной и внешней модели предметной области обеспечит существенную независимость (адаптивность) СППР от возможных изменений и расширений внешней модели данных (рис.3).

В результате логика реализации функциональных задач предметной области становится данными, представленными в виде собственной модели интерфейса, которая входит в концептуальную модель, а технологической частью ИТП становится инструментальный программный комплекс гибкой (адаптивной) информационной системы, функцией которого служит интерпретация и воспроизведение в задачах системы взаимосвязанных данных из моделей интерфейса функциональных задач и структур данных концептуального представления предметной области.

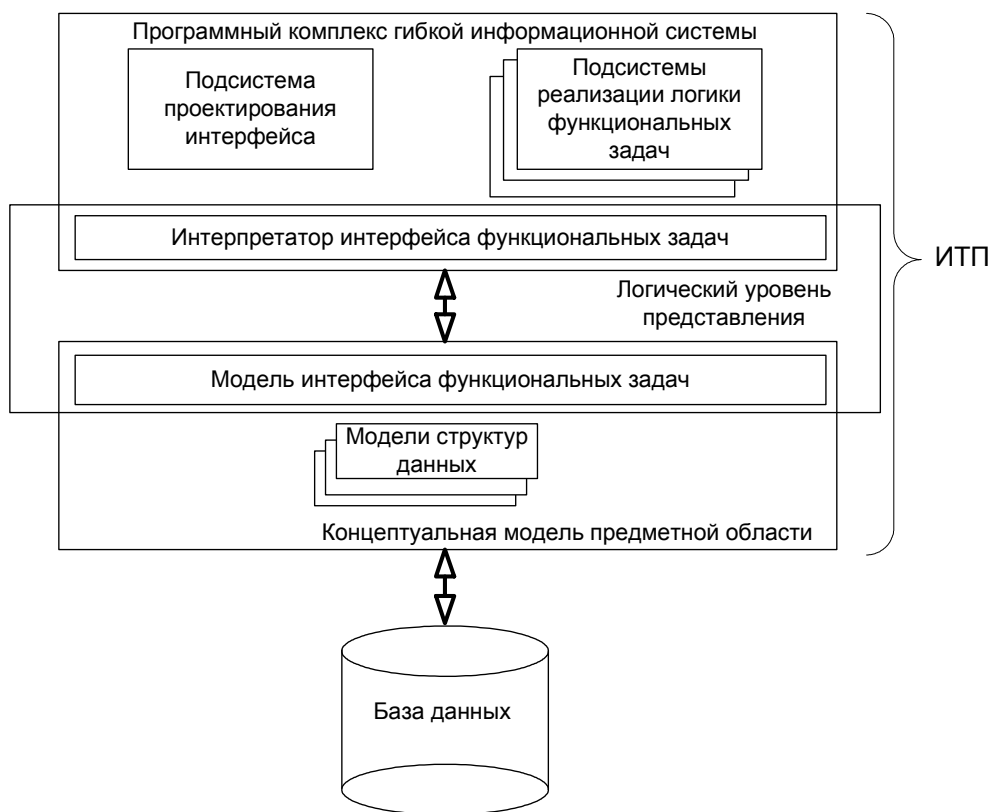


Рис. 3. Организационная структура ИТП построения СППР

Однако простое наличие в информационной системе отдельных функциональных подсистем еще не обеспечивает решение всего комплекса задач, возникающих как на этапе практического создания программной системы, так и на этапе ее эксплуатации, связанных с обеспечением надежной и эффективной работы в течение возможно более длительного жизненного цикла.

В результате к функциональности современных информационных систем следует предъявлять требования, предусматривающие открытость структуры системы, наличие гибкого интерфейса (механизма) для включения новых объектов и алгоритмов решения прикладных задач и возможности адаптации к изменениям как в структуре, так и в значениях параметров объектов предметной области. Это вызвано стремлением пользователей сократить затраты на сопровождение информационных систем. Поэтому в последнее время наметилась тенденция к проектированию максимально адаптивной и независимой от программного обеспечения структуры хранения данных предметной области в информационной системе. Если ранее при создании информационной системы для каждой отдельной функциональной задачи предметной области необходимо было последовательно реализовывать стадии ее описания, проектирования информационной модели (структуры данных), разработки логики обработки данных, программирования интерфейса системы, то с развитием объектной технологии, появилась возможность охватить сложные системы целиком, проводя их декомпозицию. При этом структура базы данных и клиентское приложение (программа) информационной системы не были бы ориентированы на специфику предметной области и не зависели бы от конкретных данных. В результате, получая информацию из базы, сервер данных заполнялся бы необходимыми алгоритмами обработки, а клиентское приложение строило свой интерфейс при подключении к серверу данных.

В результате информационная (база данных) и технологическая (программное обеспечение) части ИТП будут состоять из функциональной составляющей, отражающей особенности и процессы предметной области, и информационной составляющей, отражающей унифицированные способы взаимодействия с объектами предметной области.

Выводы

Предложен подход к проектированию объектно-ориентированной СППР, отличительная особенность которого состоит в том, что его программной составляющей становится инструментальный программный комплекс, интерпретирующий представление внутренней модели и реализующий типовые процедуры представления интерфейса в функциональных задачах предметной области. Основу такого комплекса составляет компонентная (модульная) структура реализации типовых функций, на базе которых пользователь решает задачи автоматизации

процессов управления. Кроме того, компонентная структура воссоздает трехуровневую модель работы с данными, которая предусмотрена в информационной модели программного комплекса. Разработка и применение такой программной среды на предложенной информационно-технологической платформе дает гарантированное развертывание и сопровождение СППР. И представляет собой единый программный продукт с целью получения максимальных преимуществ от использования открытых систем и в то же время уменьшает риск, сложность и затраты при переходе к автоматизации новых задач управления субъектами энергорынка.

Список использованных источников

1. *Борукаев З. Х.* Модели для определения прогнозной оптовой цены покупки электроэнергии в условиях изменения цен на рынках энергоносителей / Борукаев З. Х., Остапченко К. Б., Лисовиченко О. И. // Міжвідомчий науково-технічний збірник «Адаптивні системи автоматичного управління». – 2015. – №2 (27). – С. 35–43.

2. *Борукаев З. Х.* Моделирование динамики прибыли генерирующих компаний в условиях изменения цен на энергоносители / З. Х. Борукаев, К. Б. Остапченко, О. И. Лисовиченко // Науково-виробничий журнал Міністерства палива та енергетики України «Енергетика та електрифікація». – 2015. – №10 (386). – С. 31–35.

3. *Борукаев З. Х.* Модель краткосрочного прогноза оптовой цены покупки электроэнергии в условиях изменения цен на рынках энергоносителей / З. Х. Борукаев, К. Б. Остапченко, О. И. Лисовиченко // Міжвідомчий науково-технічний збірник «Адаптивні системи автоматичного управління». – 2016. – №1 (28). – С. 11–22.

4. *Борукаев З. Х.* Анализ взаимосвязи данных динамики энергорынка с изменениями цен на рынках энергоносителей / З. Х. Борукаев, К. Б. Остапченко, О. И. Лисовиченко // Міжвідомчий науково-технічний збірник «Адаптивні системи автоматичного управління». – 2015. – №1 (26). – С. 46–64.

5. *Борукаев З. Х.* Компьютерные системы организационного управления в энергетике / Борукаев З. Х., Евдокимов В. Ф., Остапченко К. Б., Шатров В. Ф. – Киев: ЦТИ Энергетика и электрификация. – 2002. – 66 с.

6. *Поспелов Д. А.* Ситуационное управление: Теория и практика. – М.: – Наука. – 1986. – 288 с.

7. *Трахтенгерц Э. А.* Компьютерные системы поддержки принятия управленческих решений // Информационные технологии в управлении: Проблемы управления. – 2003. – № 1, С. 13–28.

8. *Борукаев З. Х.* Теоретические и информационные аспекты создания компьютерной системы управления топливно-энергетическим комплексом / Борукаев З. Х., Евдокимов В. Ф., Остапченко К. Б., Шатров В. Ф. // Электронное моделирование. – 2002. – том 24 – № 1. – С. 59–70.

9. *Борукаев З. Х.* Об одном подходе к созданию компьютерной системы организационного управления в энергетике / Борукаев З. Х., Евдокимов В. Ф., Остапченко К. Б. // Энергетика и электрификация. – 2002. – №2. – С.49–54.

10. *Борукаев З. Х.* Информационно-аналитическая система мониторинга оптового рынка электроэнергии / Борукаев З. Х., Евдокимов В. Ф., Остапченко К. Б. // Моделирование и информационные технологии. – 2002. – Вып. №14. – С.3–13.

11. *Евдокимов В. Ф.* Некоторые вопросы создания компьютерных средств поддержки принятия решений для систем организационного управления в энергетике / Евдокимов В. Ф., Куцан Ю. Г., Борукаев З. Х., Остапченко К. Б., Грицюк Л. И. // Энергетика и электрификация. – 2003. – №1. – С. 2–7.

12. *Ларичев О. И.* Системы поддержки принятия решений: современное состояние и перспективы развития / Ларичев О. И., Петровский А. Б. // Итоги науки и техники: Техническая кибернетика. – М.: ВИНТИ, 1987. Т. 21, С. 131–164.

13. *Архипенков С.* Хранилища данных. От концепции до внедрения / С. Архипенков, Д. Голубев, О. Максименко, Под общей редакцией С. Архипенкова. – М. : ДИАЛОГ – МИФИ, 2002. – 528 с.

14. *Грэхэм И.* Объектно-ориентированное моделирование. Принципы и практика. М. : Изд. - во – Вильямс, 2004. – 880 с.

15. *Буч Г.* Объектно-ориентированный анализ и проектирование с примерами приложений на C++. Третье изд. Пер. с англ. И. Романовского, Ф. Андреева. М. : Изд. - во – Вильямс, 2008. – 720 с.

УДК 007.51

Р. І. Дзінько, О. І. Лісовиченко

ІНФОРМАЦІЙНИЙ МЕТОД РЕЗЕРВУВАННЯ СИСТЕМИ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛІННЯ ГНУЧКИХ ВИРОБНИЧИХ СИСТЕМ НА БАЗІ ПРИХОВАНИХ МАРКІВСЬКИХ МОДЕЛЕЙ

Анотація: розроблена програмна реалізація інформаційного методу резервування системи оперативного управління гнучкої виробничої системи, що базується на прихованій марківській моделі виробничого процесу. Проведені експериментальні дослідження розробки на декількох моделях виробничих систем різного компонування з різних ланцюжками технологічних та транспортних операцій.

Ключові слова: система оперативного управління, приховані марківські моделі, інформаційне резервування, алгоритм, дискретно-подійне моделювання.

Вступ

На сьогодні немає розробленого методу резервування компонентів системи оперативного управління (СОУ) гнучких виробничих систем, що дозволяв би підтримувати систему оперативного управління в працездатному стані, у випадку, коли виникають повні відмови обладнання інформаційно-вимірювальної системи (ІВС) СОУ ГВС, а технологічне виробниче обладнання при цьому залишається працездатним [2]. Попередні дослідження показали, що вирішити дану проблему можна з застосуванням математичного апарату прихованих марківських моделей [1, 2].

Дана стаття описує інформаційний метод резервування інформаційно-вимірювальної системи на базі апарату прихованих марківських моделей шляхом інтеграції в структуру СОУ з синхронною моделлю нового компонента [1, 3].

Постановка задачі

В процесі виконання попередніх досліджень інформаційних методів резервування системи оперативного управління (СОУ) гнучкої виробничої системи (ГВС), була виконана побудова прихованої марківської моделі ходу виробничого процесу [1, 2], що дозволяє здійснити постановку наступних задач, ціллю який є, власне, створення способу резервування:

– розробити інформаційний метод резервування шляхом створення імітаційної моделі виробництва на базі апарату прихованих марківських

моделей з можливістю застосування в процесі здійснення керування технологічними процесами;

– розробити імітаційну модель та її програмну реалізацію для проведення експериментальних досліджень, а також підтвердження ефективності отриманих теоретичних результатів.

Відновлення інформації про хід виробничого процесу

Нехай задана модель ходу виробничого процесу ГВС у вигляді прихованої марківської моделі в загальному вигляді: $\lambda = (S, \Omega, \pi, A, B)$ де s – множина станів системи, що фіксується інформаційно-вимірювальною системою (IBC), Ω – множина видимих подій, π – початковий вектор станів системи, A – матриця переходів між станами, що будується на базі показників надійності обладнання, B – матриця ймовірності спостережень [1, 2, 4].

Поданий метод відновлення інформації про хід виробничого процесу реалізується у вигляді комп'ютерної моделі, яку подаємо у вигляді алгоритму, представленого подною нижче блок-схемою (рис. 1).

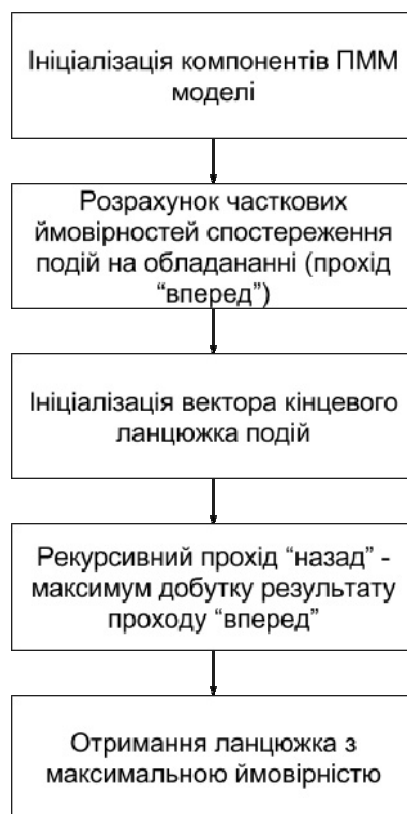


Рис. 1. Блок-схема алгоритму відновлення інформації про ланцюжок виробничих операцій

Для оцінки працездатності та ефективності розробленої моделі були виконані експериментальні дослідження, що проводились згідно з наступним планом:

1. Обрання компоновальної схеми гнучкої виробничої лінії, наявності модуля контролю якості вихідної продукції, та періоду проведення експерименту (T_e).

2. Задання ланцюжка технологічних операцій по випуску одиниці готової продукції.

3. Задання показників роботи та надійності виробничого обладнання, необхідних для проведення експериментів, та розрахунку інтегральних показників надійності системи. Дані показники оформлюються у вигляді таблиці (табл. 1):

- а. Середнє напрацювання між відмовами (λ) та його закон розподілу (λ).
- б. Закон розподілу часу, необхідного для ремонту обладнання при виході його з ладу ($P(t_D)$).
- с. Час виконання детале-операції на кожному ГВМ чи виконання транспортування АТМ ($T_{\downarrow o}$).
- д. Наявність модуля контролю якості роботи безпосередньо ГВМ.
- е. Класичні способи резервування обладнання.

Таблиця 1

**Структура таблиці показників роботи та надійності
виробничого обладнання**

Обладнання	Середнє напрацювання між відмовами, год	Закон розподілу середнього напрацювання між відмовами	Закон розподілу часу ремонту обладнання	Час виконання операції, с	Модуль контролю якості	Резервування на- дійності
ГВМ-1	T_{cp1}		$P_1(t_D)$	T_{o1}	+	Метод-1
ГВМ-2	T_{cp2}		$P_2(t_D)$	T_{o2}	-	...
...	...	...	...	...	...	..
ГВМ- i			$P_i(t_D)$	T_i	...	...

4. Задання показників надійності компонентів ІВС СОУ ГВС, а також структурної композиції обладнання ВОК СОУ ГВС. Для простоти проведення кінцевих розрахунків показників надійності всієї системи,

показники надійності компонентів вимірювальної групи задаються як один агрегований показник (табл. 2):

- а. Середнє напрацювання на відмову (λ) та його закон розподілу.
- б. Тип фізичного компонування вимірювальної групи (внутрішній датчик ГВМ / зовнішній, незалежний датчик).
- с. Середній час, необхідний для виконання заміни та пуску нової вимірювальної групи у випадку відмови (τ).
- д. Класичні способи резервування обладнання.

Таблиця 2

**Структура таблиці показників роботи
та надійності вимірювальної групи**

Обладнання	Середнє напрацювання на відмову, год	Закон розподілу середнього напрацювання	Тип компоновання вимірювальної групи	Середній час заміни вимірювальної групи	Резервування надійності
ВГ-1	TI_{cp1}		внутрішній	TZ_{cp1}	Метод-1
ВГ-2	TI_{cp2}		зовнішній	TZ_{cp2}	...
...	...		...	...	..
ВГ- <i>i</i>			зовнішній		...

1. Виконання імітації роботи ГВС в заданий період (пункт 1) без застосування розробленого методу інформаційного резервування на базі прихованих марківських моделей.

2. Виконання імітації роботи ГВС в заданий період (пункт 1) з застосуванням розробленого методу інформаційного резервування на базі прихованих марківських моделей.

3. Аналіз отриманих результатів ефективності застосування розробленого методу резервування на базі отриманих числових експериментальних даних, оформлених у вигляді наступних графіків та діаграм:

- графіку залежності тривалості виробничого процесу від часу за весь період роботи імітаційної моделі;
- графіку залежності кількості випущених одиниць продукції в залежності від часу за весь період роботи імітаційної моделі.

Експерименти проведемо на 2-х експериментальних компоновальних схемах гнучкої виробничої системи (рис. 2. а, б).

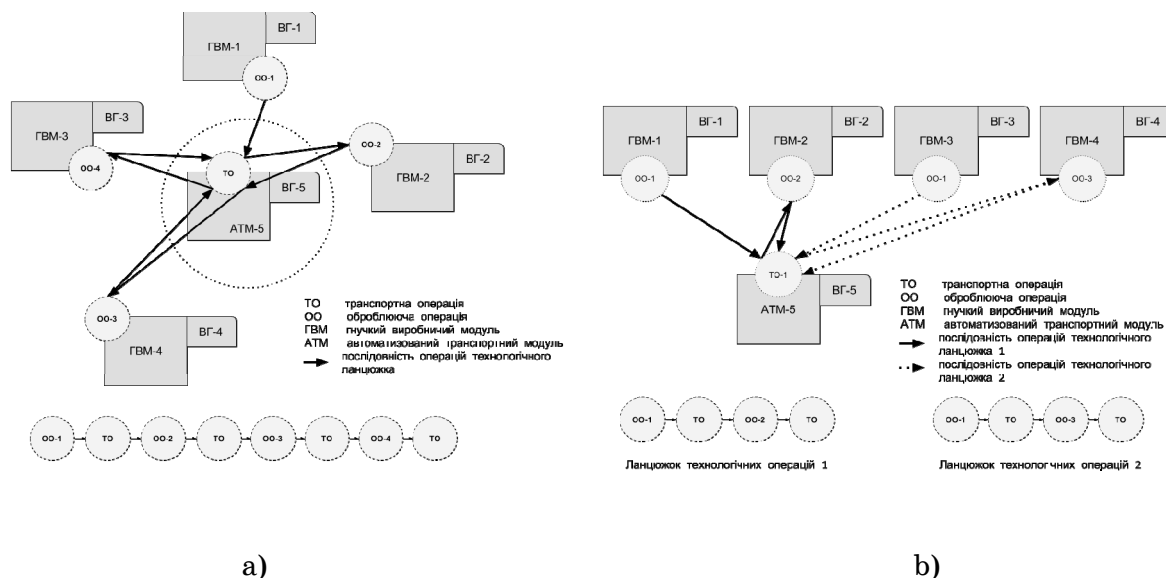


Рис. 2. Компонувальні структура ГВС для експериментів

Період проведення імітаційного експерименту – 8760 годин (~ 3 роки). У якості закону розподілу середнього напруження між відмовами обраний нормальний закон (рис. 3, а), а у якості закону розподілу часу ремонту обладнання при виникненні відмови – експоненціальний (рис. 3, б).

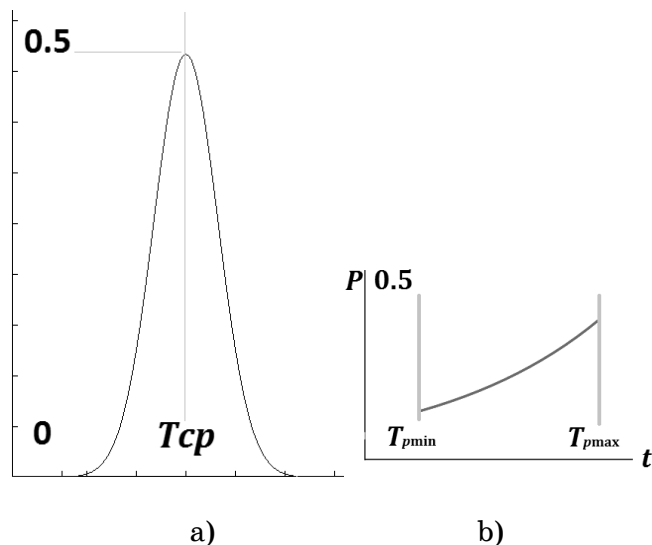


Рис. 3. Закони розподілу середнього напруження між відмовами та середнього часу ремонту

На базі заданих характеристик роботи, а також номінальних середніх показників надійності виробничого обладнання експериментальної гнучкої виробничої системи, а також компонентів інформаційно-вимірювальної системи СОУ ГВС, виконана імітацію роботи системи, результати якої у вигляді опрацьованих експериментальних даних подані на рис. 4 (для першого експерименту) та рис. 5 (для другого експерименту).

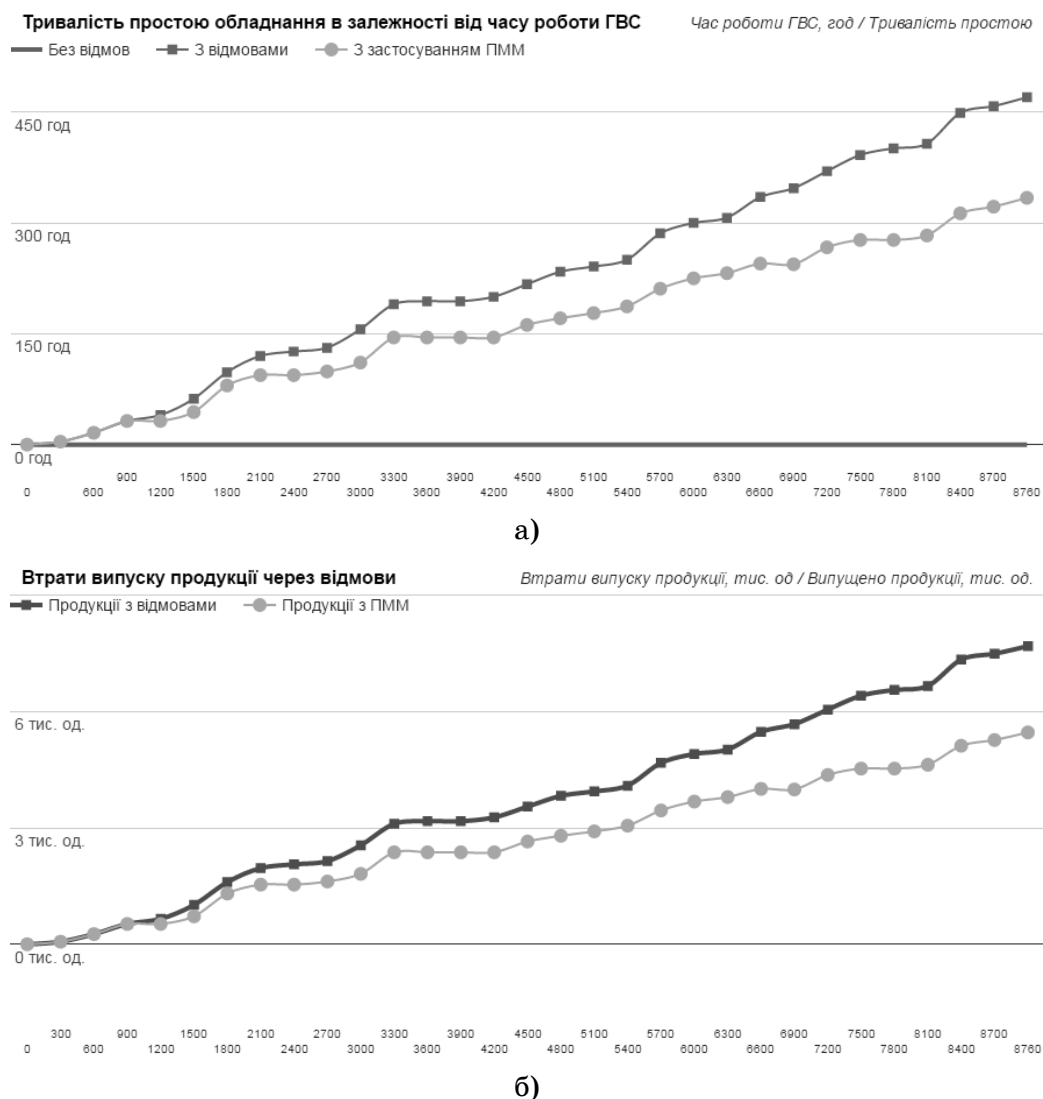


Рис. 4. Результати експериментів на першій компоновці

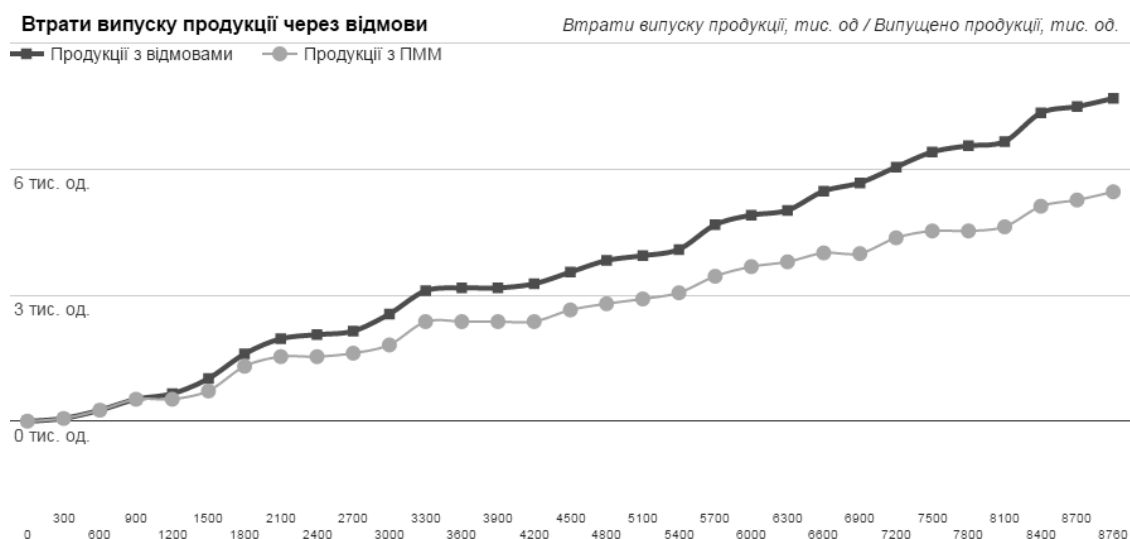
З проведеного експерименту бачимо (рис. 4, а), що без застосування розробленого методу резервування тривалість простою обладнання була рівна 5,36% загального часу роботи, тоді як з використанням ПММ – 3,81%, тобто вдалось збільшити тривалість технологічних процесів на 1,55% при умові, що не застосовувались інші методи резервування. В процесі імітації зафіксовано 46 відмов обладнання, з них 14 разів було спрацювання ПММ, 1 з яких виявилось так званим невірним спрацюванням алгоритму за рахунок показника різниці ймовірностей відмови ВГ та виробничого обладнання.

На базі аналізу втрат випуску продукції (рис. 5, б), бачимо, що поведінка графіку, а також процентне співвідношення величин повторює поведінку попереднього (рис 4. а), оскільки при заданих параметрах модельованої системи, а саме відсутності структурного та функціонального

резервування, відбувається зупинка технологічного ланцюжка виробництва при виникненні відмов виробничого обладнання.



а)



б)

Рис. 5. Результати експериментів на другій компоновці

З проведеного експерименту бачимо (рис 5. а), що без застосування розробленого методу резервування тривалість простою обладнання була рівна 2,85% загального часу роботи, тоді як з використанням ПММ – 2,35%, тобто вдалось збільшити тривалість технологічних процесів на 0,5% при застосуванні навантаженого (70%) резерву. В процесі імітації зафіксовано 42 відмови обладнання, з них 14 разів було спрацювання ПММ, при чому не зафіксовано невірних спрацювань алгоритму за рахунок показника різниці ймовірностей відмови ВГ та виробничого обладнання.

На базі аналізу втрат випуску продукції (рис. 5, б), бачимо, що поведінка графіку повторює поведінку попереднього (рис 5. а), проте

кількість випущеної продукції вища за рахунок меншого застосування резервного ГВМ-3 на 0.8%.

Висновки

На підставі отриманих результатів було підтверджено наступне:

– розроблений метод інформаційного резервування є працездатним та ефективним. На базі проведених імітаційних досліджень на тестових компоновках ГВС показано зростання тривалості безвідмовної роботи виробничих процесів на й з застосуванням розробленого методу на 0,5%–1.55% в залежності від того, чи застосовуються паралельно інші способи резервування виробничого обладнання;

– розроблений метод інформаційного резервування краще працює для меншої кількості АТМ, де присутня менша комбінація композицій потоків детале-операцій, що підтверджено більшим зростанням ймовірності безвідмовної роботи на протязі часу імітованого в рамках експерименту на другій моделі;

– при застосуванні навантажених резервів для виробничого обладнання, розроблений метод окрім підвищення показників надійності, забезпечує мінімізацію відхилення від календарного плану випуску продукції. На тестовій моделі зменшення відхилення становило 0.8%.

Список використаних джерел

1. Дзінько Р. І. Система оперативного контролю виробництва з дублюючою синхронною моделлю / Дзінько Р. І., Лісовиченко О. І. // Адаптивні системи автоматичного управління, – 2013. – 1(22). – с. 10–16.

2. Дзінько Р.І. Підвищення відмовостійкості функціонування гнучких виробничих систем за допомогою прихованих марківських моделей / Дзінько Р. І., Лісовиченко О. І. // Адаптивні системи автоматичного управління, – №3 (24). – 2013. – с. 26-32.

3. Ямпольський Л. С. Гнучкі комп'ютеризовані системи: проектування, моделювання і управління. Комплекс з 3-х підручників / Л.С. Ямпольський, П. П. Мельничук, Б. Б. Самотокін, М. М. Поліщук, М. М. Ткач, К. Б. Остапченко, О. І. Лісовиченко. – Житомир: ЖДТУ, 2005. – 680 с.

4. Miller David RH A hidden Markov model information retrieval system / Miller David RH, Tim Leek, Richard M. Schwartz // Proceedings of the 22nd annual international ACM SIGIR conference on Research and development in information retrieval. ACM, – 1999. – p. 241.

УДК 007.51

А. М. Дзінько, Л. С. Ямпольський

МОДЕЛЮВАННЯ ФУНКЦІЇ ДИСПЕТЧЕРИЗАЦІЇ МАТЕРІАЛЬНИХ ПОТОКІВ НА БАЗІ ДИСКРЕТНО-СТОХАСТИЧНОГО ДИНАМІЧНОГО ПРОГРАМУВАННЯ

Анотація: розроблена програмна реалізація моделі керування матеріальними потоками на базі функції диспетчеризації матеріальних потоків з використанням дискретно-стохастичного динамічного програмування. Проведені експериментальні дослідження розробки на декількох моделях логістичних систем різного ступеня складності їх структури.

Ключові слова: логістична система, мультиагентна система, інтелектуальний агент, дискретно-стахастичне динамічне програмування.

Вступ

На сьогодні немає розробленого комплексного підходу до моделювання руху матеріальних потоків (МП) в логістичних системах (ЛС), який, з одного боку, дозволяв би описувати рух МП на всіх рівнях ЛС, а з іншого, – дозволяв би виконувати певні задачі оптимізації виконання логістичних функцій таким чином, щоб враховувати властивості МП на різних ієрархічних рівнях системи, адже МП, хоча й мають однаковий фізичний зміст, проте можуть володіти різними властивостями на різних ієрархічних рівнях ЛС [2].

В даній статті пропонується алгоритм диспетчеризації матеріальних потоків, розробка якого може слугувати одним з прикладів реалізації комплексного підходу до моделювання руху МП в ЛС.

Постановка задачі

Метою роботи було на базі аналітичного представлення функції диспетчеризації матеріальних потоків створити алгоритм, що виконує комп'ютерне моделювання ходу прийняття рішень в процесі керування МП.

Для перевірки працездатності розробленого алгоритмічного втілення функції диспетчеризації МП пропонується імітаційна модель, яка базується на методах дискретно-стахастичного динамічного програмування [4].

Опис розробленого алгоритму диспетчеризації МП в ЛС

На базі аналітичного представлення функції диспетчеризації матеріальних потоків [1, 4] розроблений алгоритм DISP*, що виконує комп'ютерне моделювання ходу прийняття рішень в процесі керування МП.

Алгоритм пошуку DISP* знаходить оптимальний за корисністю шлях між двома станами ЛС, представленими вершинами графу. В залежності від функції вартості, яка задає кожному ребру його «вагу», оптимальність може означати найкоротший, найшвидший або навіть найпростіший шлях, що залежить від конкретної цільової функції інтелектуального агента-диспетчера. Теоретично алгоритм може розв'язувати всі задачі, які існують в рамках здійснення диспетчеризації матеріальних потоків [2, 3].

```

program DISP
  openlist.enqueue(startknote, 0)
  repeat
    currentNode := openlist.removeMin()
    if currentNode == endknote then
      return PathFound
    expandNode(currentNode)
    closedlist.add(currentNode)
  until openlist.isEmpty()
  return NoPathFound

function expandNode(currentNode)
  foreach successor of currentNode
    if closedlist.contains(successor) then
      continue
    tentative_g = g(currentNode) + C(currentNode, successor)
    if openlist.contains(successor) and tentative_g >= G[successor] then
      continue
    successor.predecessor := currentNode
    g[successor] = tentative_g
    f := tentative_g + C(successor)
    if openlist.contains(successor) then
      openlist.decreaseKey(successor, f)
    else
      openlist.enqueue(successor, f)

```

Алгоритм DISP* використовується як для планування поведінки при мінімізації відхилення від оперативного плану, так і при пошуку нового стаціонарного стану ЛС.

Основним недоліком алгоритму DISP* є потреба в пам'яті для збереження всіх відомих та досліджених вершин. Через це алгоритм DISP* непридатний для багатьох задач. Таким чином, його неможливо буде застосовувати в реальному часі, де потрібно моделювати велику (більше 1000) кількість станів інтелектуального агента. В якості тестової логістичної системи була обрана автоматизована ділянка гнучкої виробничої системи.

Перевірка працездатності розробленого алгоритму DISP*

Для виконання імітаційного моделювання роботи системи та розроблених в рамках даної роботи алгоритмів застосована мова програмування загального призначення Python, а комп'ютерна модель та майже все алгоритмічне забезпечення було запрограмоване власноруч.

Перевірка працездатності розробленого алгоритму диспетчеризації проводилася за результатами серії експериментів, кожен з яких складається з наступних кроків:

1. Обрання тестової структури модельованої логістичної системи.

Тестова структура подається у вигляді структурної моделі потокоутворюючих блоків ЛС зі шляхом проходження матеріальних потоків у вигляді графа (рис. 1).

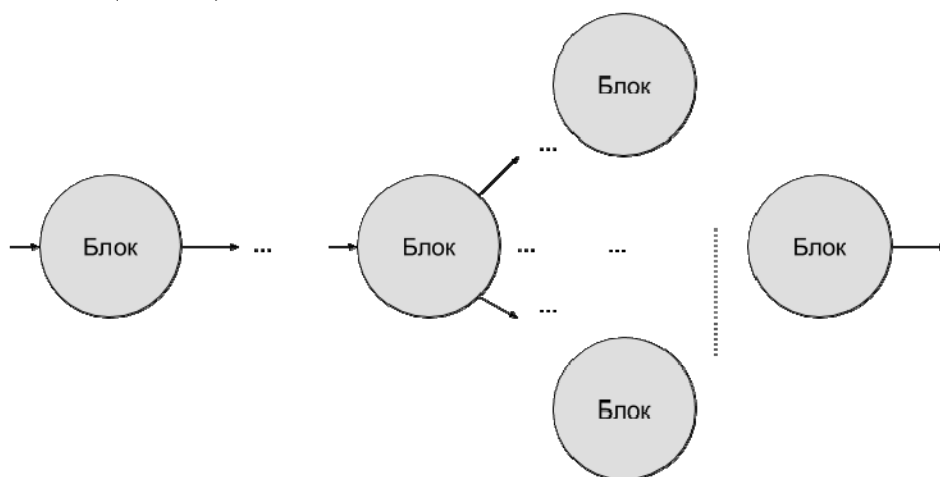


Рис. 1. – Приклад тестової структури ЛС

Кожному блоку присвоюються наступні характеристики: час обробки заявки, можливість заміни одного блоку іншими в структурі (що здатні виконувати такі ж функції), вхідні та вихідні напрямки руху МП.

2. Виконання імітації процесу руху матеріальних потоків в логістичній системі згідно запланованого режиму роботи з фіксацією в кожен момент часу кількості вимог, що пройшли через систему від входу до виходу.

3. Виділення певної гіпотетичної ситуації, що призводить до відхилення ходу виробництва від оперативного плану (наприклад, виключення з системи одного з потокоутворюючих блоків, моделюючи, таким чином, вихід з ладу обробляючого ресурсу ГВС), а також задання моменту часу виникнення цієї ситуації.

4. Застосування до імітаційної моделі класичного алгоритму диспетчеризації МП з одночасною фіксацією в кожен момент часу кількості заявок, що пройшли через систему від входу до виходу. Оскільки в якості тестових систем використовуються ділянки ГВС, був обраний широко застосовуваний алгоритм прямої диспетчеризації.

5. Застосування до імітаційної моделі алгоритму диспетчеризації матеріальних потоків шляхом зворотної корекції пріоритетів з фіксацією в кожен момент часу кількості заявок, що пройшли через систему від входу до виходу. Результати фіксації заносять до таблиці зі структурою (табл. 1), в якій: K_{pn} – кількість заявок, що повинні пройти систему від входу до виходу в момент часу t згідно оперативного плану; K_{dt} – кількість заявок в момент часу t , що пройшли систему при застосуванні методу прямої диспетчеризації; K_{DISPt} – кількість заявок в момент часу t , що пройшли систему при застосуванні розробленого методу диспетчеризації.

6. Виконання порівняння здатності алгоритмів до виконання корекції оперативних планів виробництва шляхом здійснення диспетчеризації матеріальних потоків. Поточний етап здійснюється шляхом накладання графіків відхилень від оперативного плану випуску продукції, побудованих на базі даних, отриманих в результаті імітаційного моделювання під час виконання пунктів 2, 4, та 5 [5, 6].

Таблиця 1

Структура таблиці результатів імітаційних експериментів

Час	Плановий прохід	Пряма диспетчеризація	Розроблений алгоритм диспетчеризації МП
0	K_{p0}	K_{d0}	K_{DISP0}
1	K_{p1}	K_{d1}	K_{DISP1}
...	...	...	...
t	K_{pt}	K_{dt}	K_{DISPt}
...	...	...	...
T	K_{pT}	K_{dT}	K_{DISPT}

7. Проведення аналізу отриманих результатів та формування висновків про працездатність та ефективність рішень, отриманих в процесі виконання наукового дослідження.

Експериментальні дослідження виконувались на двох наступних моделях тесових систем широкоуживаних виробничих структур:

1) ГВС з однорядним розміщенням станків, внутрішнім міжопераційним складом-накопичувачем, та роботою одного автоматизованого транспортного модуля (рис. 2, а);

2) ГВС з однорядним розміщенням станків, зовнішнім міжопераційним складом-накопичувачем та послідовно-паралельною роботою двох автоматизованих транспортних модулів (рис. 2, б).

В якості ситуацій, що призводять до відхилення від оперативного плану роботи системи, були змодельовані наступні:

1) виключення зі структури системи виробничого модуля 2 (рис. 2, а) в момент часу 120;

2) виключення зі структури системи виробничих модулів 3 та 8 (рис. 2, б) в момент часу 120.

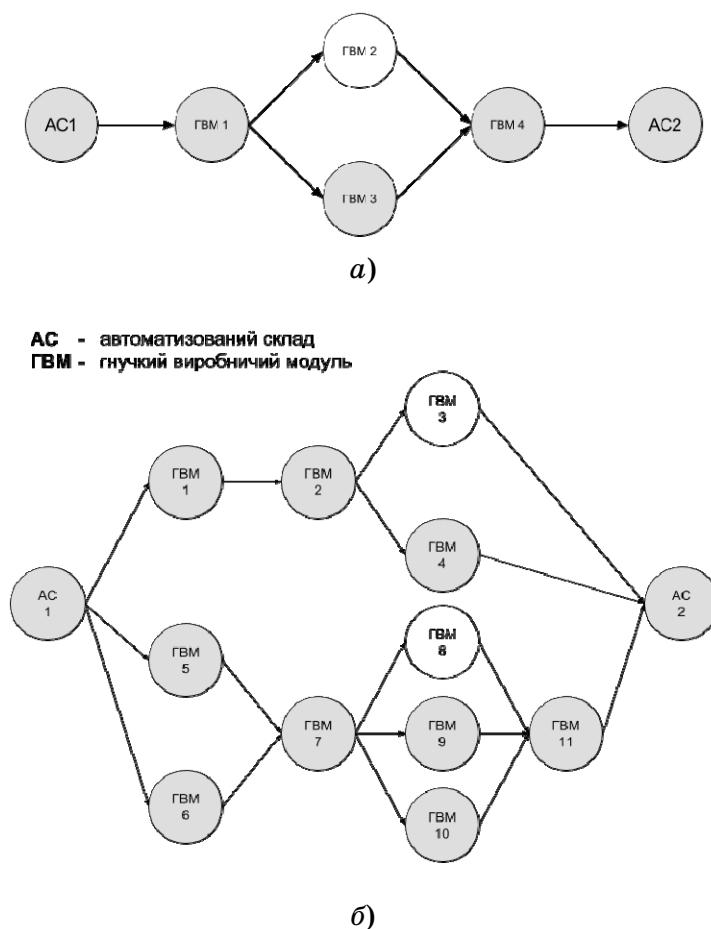


Рис. 2. Структури експериментальних моделей ЛС

В результаті проведення імітації роботи системи (згідно з вищепи-саними пунктами 4 та 5) побудовані таблиці експериментальних даних.

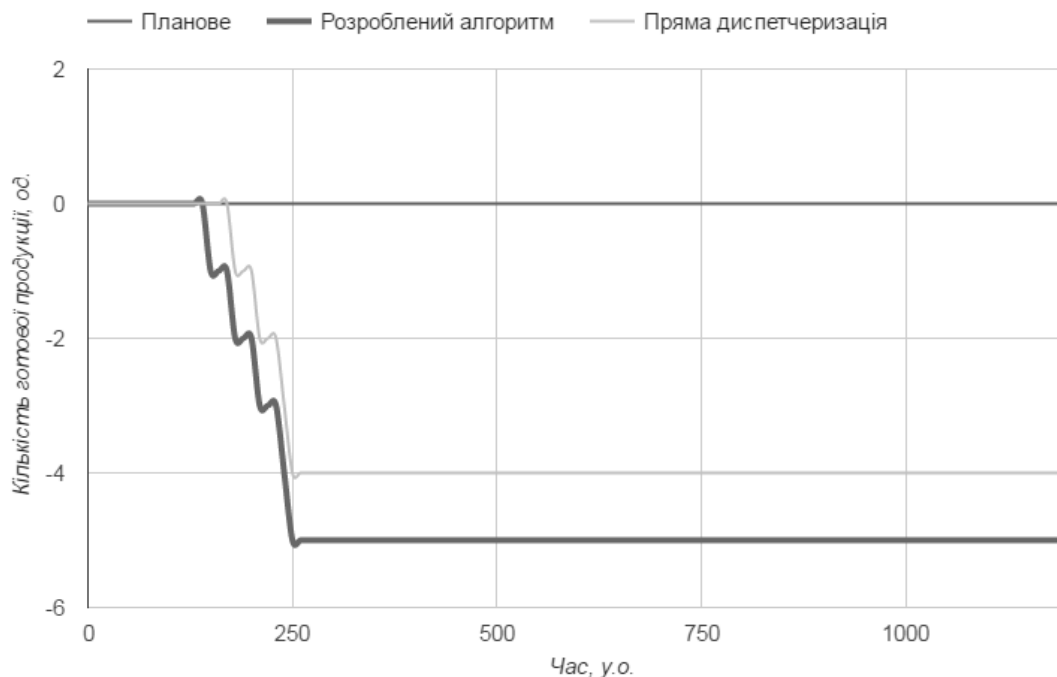
Нижче наведена таблиця з даними, отриманими в ході виконання експериментів на імітаційній моделі для ГВС, структура якої зображена на рис. 4, б (табл. 2).

Таблиця 2

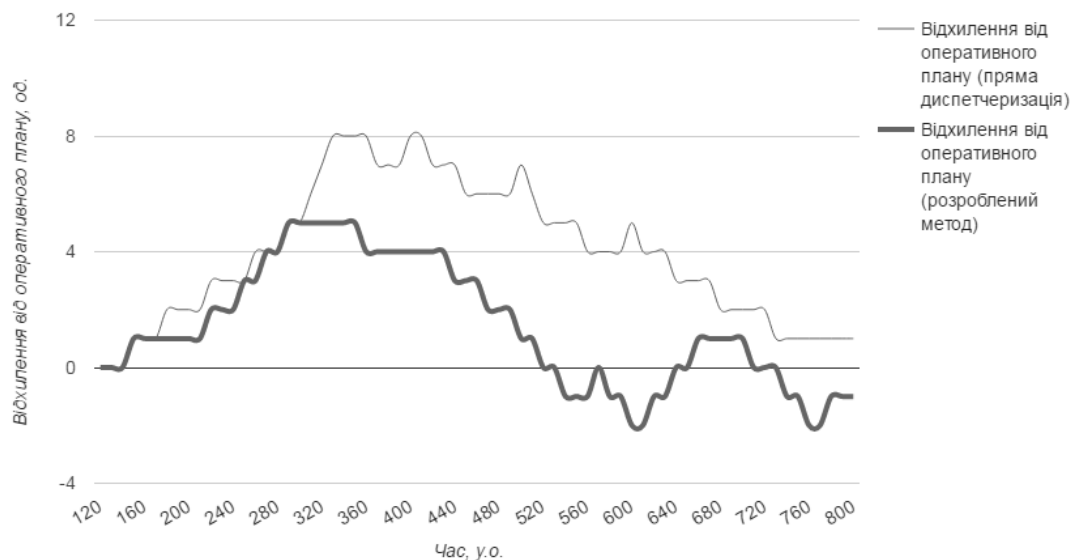
Таблиця результатів імітаційних експериментів

Час	Плановий прохід	Пряма диспетчеризація	Розроблений алгоритм диспетчеризації МП
...	...	...	
176	11	9	10
177	11	9	10
178	11	9	10
179	12	10	11
180	12	10	11
181	12	10	11
...	...	...	...

На базі отриманих експериментальних результатів роботи обох методів диспетчеризації побудовані графіки відхилення від оперативного плану випуску продукції (рис. 3, а та рис. 3, б).



а)



б)

Рис. 3. – Графіки відхилення від оперативного плану випуску продукції

Висновки

На основі проведених досліджень та комп'ютерного моделювання розробленої системи автоматизації процесів керування матеріальними потоками в логістичних системах було зроблено декілька наступних висновків:

Розроблена функція диспетчеризації та модель руху матеріальних потоків є працездатними і виконують початкову поставлену задачу, а саме – мінімізацію тривалості відхилення від оперативного плану роботи.

Для логістичних систем, що характеризуються відсутністю або малою кількістю резервного обладнання чи паралельних каналів обслуговування, ефективність алгоритму як час, витрачений на повернення системи до стану, при якому вона спроможна забезпечити виконання оперативного плану, близька до тієї, що забезпечується методом прямої диспетчеризації.

Для логістичних систем, що характеризуються наявністю двох чи більше резервних засобів обслуговування вимог, розроблена функція диспетчеризації є більш ефективною (за часом, витраченим на мінімізацію відхилення від оперативного плану роботи), ніж класичний метод прямої диспетчеризації.

Розроблений спосіб керування МП показав зростання ефективності на 4–10% у порівнянні з методом прямої диспетчеризації при нарощуванні кількості резервного обладнання, а також при подовженні модельованих ланцюжків проходження вимог через потокоутворюючі блоки.

Таким чином, *розроблений спосіб керування матеріальними потоками може бути застосованим при проектуванні та експлуатації логістичних систем різного функціонального призначення та різного рівня абстрагування розглядуваної логістичної системи.*

Список використаних джерел

1. Диспетчеризація матеріальних потоків з динамічною корекцією шляхом оберненого розповсюдження пріоритетів / Дзінько А.М. // Міжнародний науково-технічний збірник “Адаптивні системи автоматичного управління” – 2015. – №1 (26). с. 37–41.
2. Логістичний підхід до диспетчеризації матеріальних потоків ГВС / Дзінько А. М., Ямпольський Л. С. // Міжнародний науково-технічний збірник “Адаптивні системи автоматичного управління” – 2013. – №1 (22). с. 17–24.
3. Агентно-орієнтований підхід до розв'язання логістичних задач диспетчеризації матеріальних потоків / Дзінько А. М., Ямпольський Л. С. // Адаптивні системи автоматичного управління. – 2012. – №21 (41). с. 18–22.
4. Дискретно-стохастична система матеріальних потоків в контексті задачі диспетчеризації / Дзінько А. М., Ямпольський Л. С. // Міжнародний науково-технічний збірник “Адаптивні системи автоматичного управління” – 2016. – №2 (29). с. 17–24.
5. Жерновий Ю. В. Імітаційне моделювання систем масового обслуговування: практикум / Ю. В. Жерновий. – Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2007. – 307 с.
6. Кудрявцев Е. М. GPSS World. Основы имитационного моделирования различных систем / Е. М. Кудрявцев. – М., 2004. – 298 с.

УДК 621.398.96

В. А. Дружинин, И. Р. Пархомей, В. А. Паюн,
Я. А. Кременецкая, А. Н. Ярыч[©]

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МИЛЛИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА В СТРАТОСФЕРНЫХ СИСТЕМАХ СВЯЗИ

Аннотация. В работе показаны основные принципы организации работы стратосферных систем связи, их преимущества, перспективы реализации. Произведены оценки зоны покрытия стратосферным ретранслятором, энергетического бюджета радиотрассы на частоте 2,4 ГГц и в миллиметровом диапазоне. Проанализированы системные параметры для оценки энергетического потенциала стратосферной радиолинии.

Ключевые слова: стратосферные системы связи, миллиметровый диапазон, энергетический бюджет радиолинии, инновационные технологии, увеличение зоны обслуживания, расширение частотного ресурса, Project Loon, Internet.org.

Введение

В итоге бурного прогресса в развитии систем и средств связи как в нашей стране, так и за рубежом сегодня уже стало ясно, что миллиметровые волны (ММВ) – это новый огромный диапазон, намного превышающий по занимаемой полосе частот все то, что находилось до сих пор в распоряжении человечества. Длительное время ММВ считались непригодными для практического использования из-за отсутствия совершенных средств генерации, приема, канализации СВЧ колебаний, а также из-за незнания законов их распространения в земной атмосфере. Созданию систем связи в миллиметровом диапазоне волн предшествовали многочисленные исследования особенностей распространения этих волн в земной атмосфере, а также разработки новых средств генерации и приема СВЧ сигналов на частотах выше 30 ГГц. Сегодня представляет несомненный интерес сделать анализ тенденций развития и применения миллиметровых систем связи различного назначения по данным отечественных и зарубежных публикаций.

Следует сказать, что великий интерес представляет рассмотрение тенденции развития и применения миллиметровых систем связи различного назначения, получивших отражение в многочисленных отече-

[©]В. А. Дружинин, И. Р. Пархомей, В. А. Паюн, Я. А. Кременецкая, А. Н. Ярыч

ственных и зарубежных публикациях. Миллиметровый диапазон также следует рассмотреть относительно применения в современных стратосферных системах связи, что и сделано в статье.

1. Основные принципы работы и преимущества стратосферных систем связи

Принцип работы стратосферных систем связи заключается в том, чтобы запустить приемопередающее оборудование, по сути базовые станции, на беспилотных воздушных платформах.

В качестве которых могут быть воздушные шары, дроны, дирижабли и т.д., которые должны лететь на высоте 20–25 км, что не мешает гражданской авиации (13–15 км). В стратосфере должно одновременно находиться несколько платформ, которые объединяются в собственную mesh-сеть (топология "каждый-с-каждым"), и имеют связь со спутниковой низкоорбитальной системой, а также с наземными радиостанциями (пользователями), как представлено на рис.1.

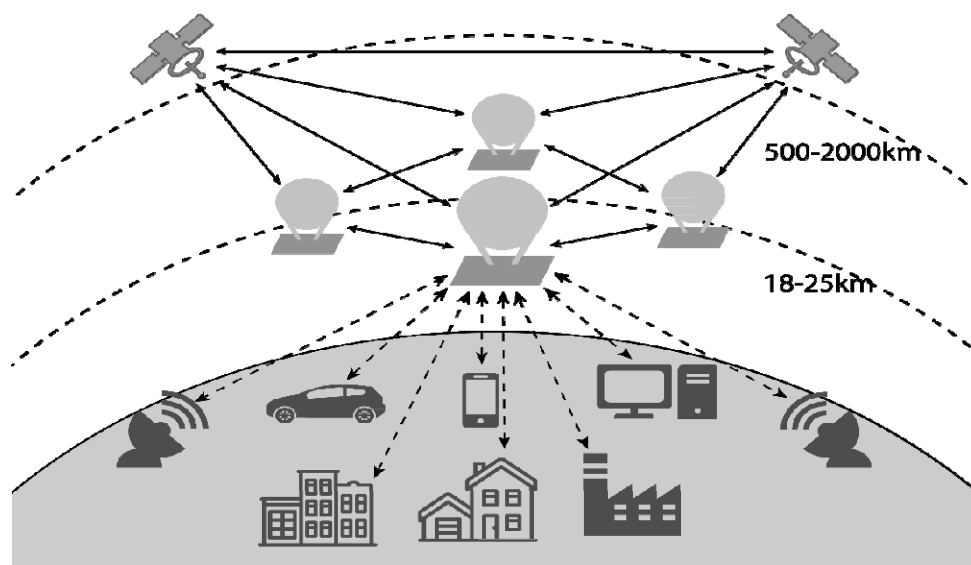


Рис. 1. Телекоммуникационная схема работы стратосферного комплекса

На данных высотах скорость ветров спадает до минимума (около 10 м/с) и отмечается также относительное их постоянство по направлению. Кроме того, воздух имеет плотность в 30–40 раз меньшую, чем в приземном слое. Предполагалось, что основным полетным режимом при эксплуатации стратосферных дирижаблей будет зависание над заданной точкой земной поверхности и дрейф в пределах порядка 500 м. До настоящего времени заявлено более 250 проектов стратосферных платформ для систем связи, дистанционного наблюдения, зондирования Земли и других научных и практических целей.

Однако, пока не один проект не введен в коммерческую эксплуатацию. Близко к реализации находятся проекты Google и Facebook.

К наибольшим преимуществам стратосферных систем связи для улучшения отдельных технико-экономических показателей телекоммуникационных систем можно отнести:

- расширение частотного ресурса (дефицит которого является общемировой проблемой) до миллиметровых волн и оптического диапазона;
- создание высокоскоростных магистралей наравне с оптическими;
- расширение зоны обслуживания;
- существенное снижение показателя цена/услуга для обеспечения связи, что может стать стимулом для развития инновационных технологий.

Почему стратосферные системы связи могут иметь такие преимущества показано ниже.

2. Оценка зоны обслуживания стратосферным ретранслятором

При заданной высоте платформы h и угле места β , определяемом как угол между направлением на горизонт и направлением оси луча антенны земной (ЗС) станции на антенну стратосферной платформы, (СП) наклонная дальность связи [3]:

$$D = R_3^2 + (R_3 + h)^2 - 2R_3(R_3 + h)\cos\gamma. \quad (1)$$

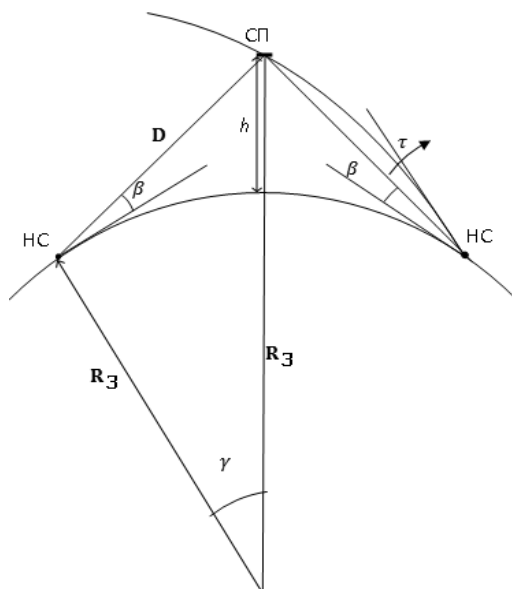


Рис. 2. Определение наклонной дальности связи

Причем $R_З$ – радиус Земли (6378 км), γ – геоцентрический угол, определяемый из формулы:

$$\gamma = \arccos\left(\frac{\cos\beta}{1 + h/R_З}\right) - \beta. \quad (2)$$

Для максимальной наклонной дальности при $\beta = 0$:

$$D_{\max} = \sqrt{h(2R_З + h)}.$$

При $\beta = 90^\circ$ минимальная наклонная дальность $D_{\min} = h$.

Диаметр имеющейся зоны обслуживания без учета рефракции из формул (1) и (2) может быть вычислен по формуле:

$$d = R_З \sqrt{2(1 - \cos\gamma)},$$

или так как $\gamma \leq 10^\circ$, тогда

$$d = 2R_З \cdot \left(\arccos\left[\frac{\cos\beta}{1 + h/R_З}\right] - \beta \right) (\text{рад}). \quad (3)$$

Для угла места $\beta = 15^\circ$ и высоты платформы $h = 20$ км диаметр зоны обслуживания равняется $d = 148$ км, а для $\beta = 3^\circ$ и $d = 505$ км, как показано на рисунке 3.

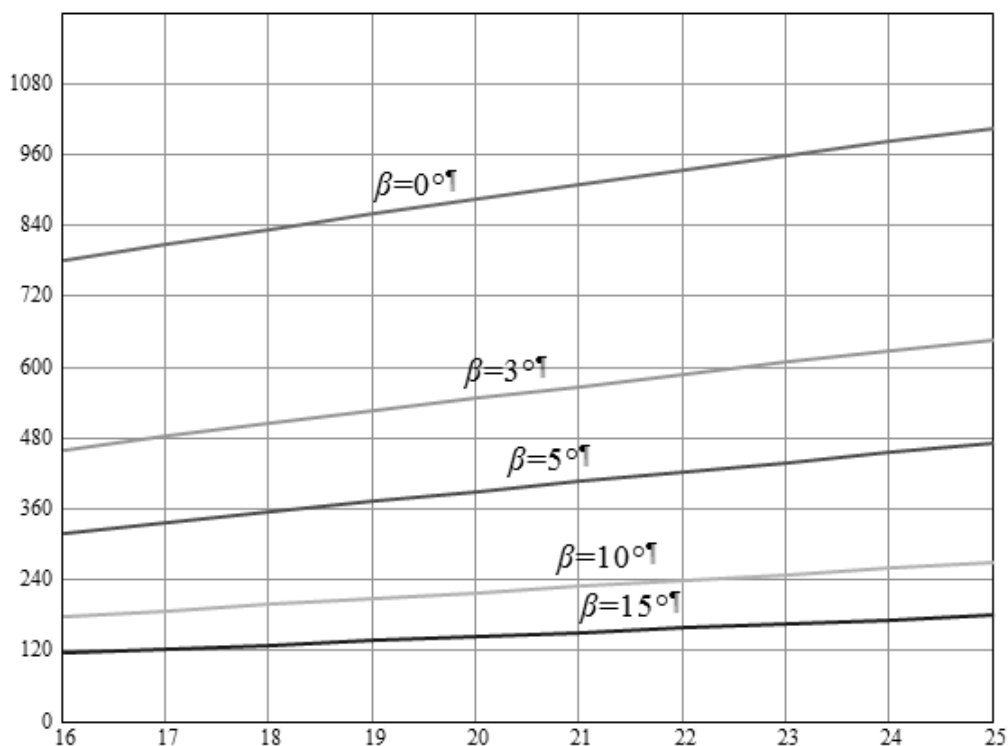


Рис. 3. Зависимость диаметра зоны покрытия от высоты нахождения стратосферного ретранслятора для разных углов места β

Следует учесть, что траектория радиолуча вследствие атмосферной рефракции будет изгибаться в сторону поверхности Земли.

Угол рефракции, представляющий собой угол в точке приема между истинным и кажущимся направлением на источник излучения, не зависит от частоты падающего излучения.

Угол рефракции τ° (в градусах), можно вычислить по рекомендации МСЭ-R P.834-5 [4] для космических трасс с помощью следующего интеграла:

$$\tau = - \int_h^\infty \frac{n'(x)}{n(x) \cdot \tan \varphi} dx, \quad (4)$$

где φ определяется в полярных координатах на основе закона Снеллиуса следующим образом:

$$\cos \varphi = \frac{c}{(R_E + x) \cdot n(x)} \quad (5)$$

$$c = (R_E + h) \cdot n(h) \cos \beta, \quad (6)$$

где x : высота (км).

Отклонение луча в значительной степени определяется нижней частью атмосферы. Эквивалентная длина пути сигнала в стандартной атмосфере зависит от угла места антенны земной станции, от эквивалентной толщины атмосферы для кислорода, водяных паров. Эквивалентная толщина слоя кислорода в стандартной атмосфере можно принять равной 5,3 км, эквивалентная толщина слоя водяных паров в стандартной атмосфере, можно принять равной 2,1 км. Для обычной атмосферы индекс рефракции, которая изменяется по линейному закону, на высоте x можно определить по формуле:

$$n(x) = 1 + a \cdot \exp(-bx), \quad (7)$$

где

$$a = 0,000315;$$

$$b = 0,1361.$$

Эта модель основана на использовании экспоненциальной модели атмосферы для распространения по наземным трассам, которая приведена в Рекомендации МСЭ-R P.453. Кроме того, $n'(x)$ является производной от $n(x)$, то есть $n'(x) = -a \cdot b \cdot \exp(-b \cdot x)$.

Значения $\tau^\circ(h, \beta)$ (в градусах) рассчитывались для условий эталонной атмосферы и следующая числовая формула обеспечивает хорошую аппроксимацию:

$$\tau(h, \theta) = \frac{1}{[1,314 + 0,6437 \theta + 0,02869 \theta^2 + h(0,2305 + 0,09428 \theta + 0,01096 \theta^2) + 0,008583 h^2]} \quad (8)$$

Приведенная выше формула была получена в качестве аппроксимации для $0 \leq h \leq 3$ км и $\beta_m \leq \beta \leq 10^\circ$ где β_m - угол, под которым радиолуч пересекается с земной поверхностью и который определяется как:

$$\beta_m = -\arccos \left(\frac{R_\oplus}{R_\oplus + h} \cdot \frac{n(0)}{n(h)} \right), \quad (9)$$

или приблизительно $\beta_m = -0,875\sqrt{h}$ (градусы).

В случае, когда угол места космической станции в условиях распространения в свободном пространстве будет равен θ (градусы), а минимальный угол места от станции на поверхности Земли, для которого радиолуч не пересекается с земной поверхностью, $-\beta_m$. Поправка на рефракцию, соответствующая β_m , будет равна $\tau^\circ(h, \beta_m)$.

Следовательно, стратосферная платформа будет видима лишь в том случае, если выполняется неравенство:

$$\beta_m - \tau(h, \beta_m) \leq \theta \quad (10)$$

Поскольку индекс тропосферной рефракции больше единицы и меняется в зависимости от высоты, то траектория радиолуча будет изгибаться в сторону поверхности Земли, и поэтому поправку на геометрическую дальность можно определить с помощью следующего интеграла:

$$\Delta L = \int_A^B (n - 1) ds, \quad (11)$$

где

s° – расстояние вдоль трассы;

n° – индекс рефракции;

A и B° – концы трассы.

Уравнение (15) можно использовать лишь в том случае, когда известны изменения индекса рефракции n вдоль трассы. Для более точного моделирования изменения n используют эмпирические методы,

разработанных с помощью данных радиозондирования атмосферы, для которых известны температура, T , атмосферное давление, P , и относительная влажность, H , на уровне поверхности.

В некотором приближении формулу (11) для тропосферной поправки геометрической дальности стратосферной связи можно представить в виде:

$$\Delta D = \int_0^h \frac{a}{\sin \beta} \cdot \exp(-bx) dx \quad (12)$$

Так как активную высоту для рефракции можно принять 2 км от поверхности Земли. Тогда получаем, что поправка на рефракцию для угла места для земной станции около 5 градусов, может составлять не больше 100 м для эталонной атмосферы.

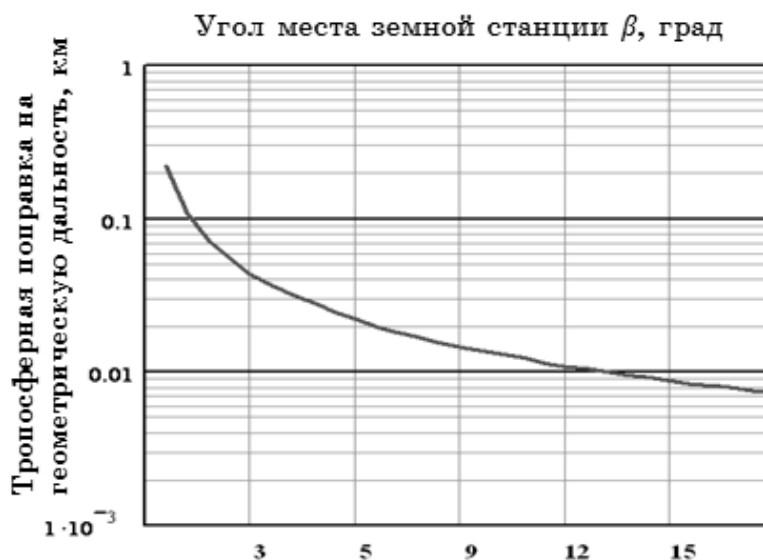


Рис. 4. Поправка на рефракцию геометрической дальности для эталонной атмосферы стратосферной связи в зависимости от места земной станции

Таким образом уменьшение дальности радиосвязи из-за рефракции для нормальной атмосферы составляет не больше 0,5 %.

3. Расчет энергетического бюджета стратосферной радиотрассы

В качестве оценочного критерия энергетического потенциала радиолинии диапазонов 2,4 и 5 ГГц будем использовать определенную чувствительность приемника для заданной скорости передачи информации. Также в своих экспериментах Google использует протокол IEEE 802.11s на частоте 2,4 ГГц для вертикального канала к стратосферному ретранслятору, а вертикальный канал вниз - IEEE 802.11g, n, однако на частоте 5 ГГц.

Отметим, что в частотных диапазонах 2.4 ГГц и 5 ГГц диаграмма направленности антенны близка к круговой, то в диапазоне миллиметровых волн, например 60 ГГц, она остронаправленная.

Вычисление мощности стратосферного ретранслятора можно произвести по известному соотношению $P_t = \frac{P_r \cdot L_r \cdot L_t \cdot A}{L_{FX} \cdot G_r \cdot G_t}$ (мВт) или в дБм:

$$P_t = -L_t + G_t - L_r + G_r - P_r - A - FSL, \text{ дБм} \quad (13)$$

G_t – коэффициент усиления антенны передатчика, dBi;

G_r – коэффициент усиления антенны приемника, dBi;

P_r – чувствительность приемника на данной скорости, в дБмВт;

L_t – потери в коаксиальном кабеле и разъемах тракта, дБ;

L_r – потери в коаксиальном кабеле и разъемах тракта, дБ;

FSL – потери в свободном пространстве;

A – потери в атмосфере и в дожде, дБ.

Потери в свободном пространстве из-за рассеивания для сферической диаграммы излучения в размах:

$$L_{fst} = \left(\frac{\lambda}{4\pi R} \right)^2 = \left(\frac{c}{4\pi R f} \right)^2 \quad (14)$$

или в дБ:

$$FSL = 20 \cdot \log \left(\frac{4\pi d f}{c} \right), \text{ дБ}$$

можно также записать $FSL = 33 + 2 \cdot (\log_{10} f + \log_{10} d)$, дБ,

d – расстояние, км;

f – частота сигнала, МГц;

c – скорость света.

Коэффициент 20 рассчитан для свободного пространства.

Потери на метеоусловия для диапазонов 2,4 и 5 ГГц не учитываются на практике. Наибольший вклад в потери вносят потери в свободном пространстве и, как видно из формул (13), (15), FSL возрастает с повышением частоты.

Оценим суммарную мощность системы. Для $d = 20$ км и частоты сигнала:

$$FSL = 33 + 20(\lg 2400 + \lg_{20} 20) = 32,4 + 20(4,3802 + 1,3) = 126,22, \text{ дБ.}$$

Если взять паспортные данные оборудования, например, Ubiquiti, коэффициенты усиления антенн взять 23–28 dBi, потери в коаксиальном

кабеле и разъемах передающего(приемного) тракта – 7дБ, чувствительность приемника – 96 дБм и подставить в формулу (13) то мощность передатчика составит 25–28 дБмВт или 300–680 мВт. Это вполне сопоставимо с характеристиками оборудования Ubiquiti для радиомостов. Если количество транспондеров 30, то суммарная мощность будет около 20 Вт.

4. Применение миллиметрового диапазона

Сегодня для повышения скоростей до 1 Гбит/с и выше осваиваются системы связи миллиметрового диапазона на уровне аппаратуры опорных сетей, радиорелейных и сетей абонентского доступа. Особенности распространения волн этого диапазона в атмосфере и других средах особенно интенсивно исследуются в последнее время. Определены окна прозрачности и области пикового поглощения для нормальной атмосферы (рис.3[5]) и в других средах [6]. В е-диапазоне 71–76 ГГц, 81–86 ГГц 92–94 ГГц и 94,1–95 ГГц в общей сложности почти 13 ГГц свободных частотных ресурсов для использования в перспективных системах связи. И даже при использовании пройтейшей схемы модуляции, например, двойной фазовой манипуляции можно достичь скорости 1 Гбит/с.

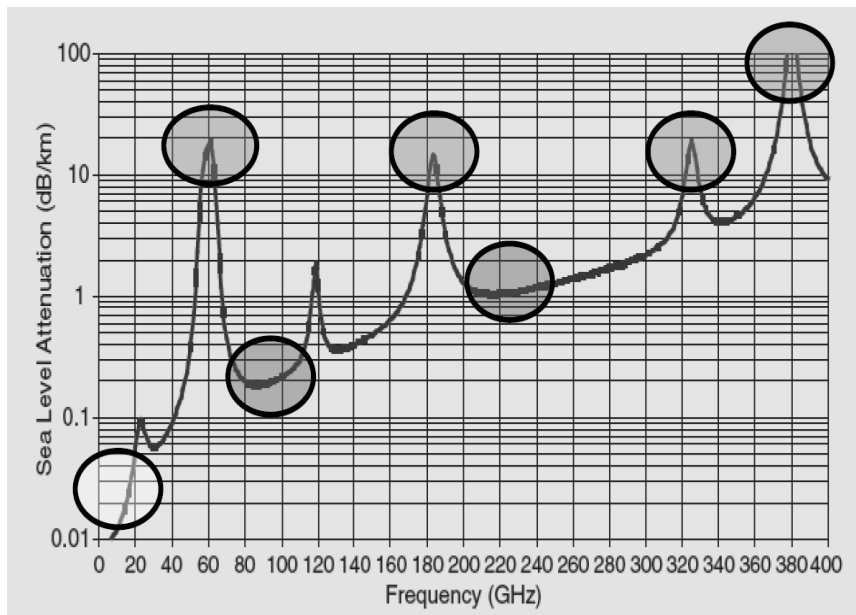


Рис. 5. Поглощение милли- и субмиллиметрового излучения в атмосфере

Топология стратосферных систем связи особенно энергетически выгодна, также для вертикальных трасс затухание наибольшее только в нижнем слое 1,5-2 км, и поэтому применение миллиметрового диапазона видится особо перспективно.

5. Энергетический расчет применяемый для миллиметровых систем связи

Однако если рассчитывать бюджет радиолиний миллиметрового диапазона, потери передачи миллиметровых волн будут основным для свободного пространства (если рассчитывать по формуле (14) $FSL=156,5$ дБ для 80 ГГц). Поэтому специалисты радиосвязи в настоящее время настаивают об изменении этой математической ограниченной модели для энергетического расчета миллиметровых систем связи, в которой потери распространения в свободном пространстве зависят от частоты, т.е. более высокочастотный сигнал затухает сильнее, чем низкочастотный [6,7,8]. Причина такой «неправильной» формулировки – в базовом допущении (часто приводимом в книгах по радиотехнике), что потери в тракте передачи рассчитываются для определенной частоты между двумя изотропными антеннами (полуволновыми диполями), чья эффективная площадь апертуры возрастает с длиной волны (уменьшаясь с несущей частотой).

Предистория этой формулы начинается с 1945 года, когда известный американский специалист из Bell Labs Гарольд Трап Фриис опубликовал статью "Заметка о простой формуле передачи", где приводит формулу для расчета бюджета радиорелейных систем:

$$\frac{P_r}{P_t} = \frac{A_r A_t}{d^2 \lambda^2}, \quad (16)$$

где A_r и A_t – эффективные площади приемной и передающей антенн.

Эффективная площадь – параметр, определяемый конструкцией и геометрией антенны. А самое важное – отношение принятой мощности к переданной здесь обратно пропорционально длине волны. То есть при равных эффективных площадях антенн чем выше частота, тем больше энергетический выигрыш. Термина "затухание свободного пространства" в статье нет. В 1952 году Г. Т. Фриис и другой, не менее известный, сотрудник Bell Labs Щелкунов А. С. издали книгу *Antennas «Theory and Practice»* [9], где приводится один из основополагающих принципов антенных систем – принцип взаимности.

Он показывает, что параметры антенны, работающей на передачу, будут такими же при работе на прием (токи в антенне, возбуждающие электромагнитное поле равны токам, наводимым в той же антенне таким же полем). Поэтому для приемных антенн также вводят понятие

КНД, оно показывает отношение эффективной площади реальной антенны к эффективной площади изотропной антенны $D_r = A_r/A_i$.

Последнее, напомним, – математическая абстракция, ненаправленная антенна, излучающая в телесном угле 4π стерадиан, такой источник называют изотропным излучателем (рис. 3), но ее эффективная площадь:

$$A_i = \lambda^2/4 \cdot \pi \quad (17)$$

и на единицу площади приходится удельная мощность:

$$W_i = P \cdot t \cdot i/S = P \cdot t \cdot i/4 \cdot \pi \cdot R^2, \quad (18)$$

где Pti – мощность излучения изотропной антенны.

И было сделано допущение, что КНД передающей антенны и действующая площадь приемной антенны не зависят от длины волны не-сущей.

Соответственно, для приемной антенны:

$$D_r = A_r/A_i = 4\pi A_r/\lambda^2 \quad (19)$$

В соответствии с принципом взаимности, для пары передающая – приемная антенна выводится соотношение $D_t \cdot A_r = D_r \cdot A_t$, откуда $D_t/D_r = A_t/A_r$. В результате соотношение между действующей площадью и КНД антенны:

$$A = D\lambda^2/4\pi ; D = 4 \cdot \pi A/\lambda^2, \quad (20)$$

которое Г. Т. Фрис и С.А. Щелкунов в своей книге справедливо назвали основным.

КНД определяется конструкцией и совершенством геометрии антенны. Однако идеальных объектов не бывает, поэтому используют понятие усиления антенны:

$$G_l = kD, \quad (21)$$

где k – КПД антенны.

Как правило, k лежит в интервале 0,5–0,8. Заметим, что параметр G специфицируется для строго определенной частоты (в подавляющем большинстве случаев усиление измеряют непосредственно).

Если вместо эффективной площади приемной антенны использовать понятие усиления G_r , то формула (16) примет вид:

$$P_r/P_t = G_t G_r \left(\frac{\lambda}{4\pi R} \right)^2 \quad (23)$$

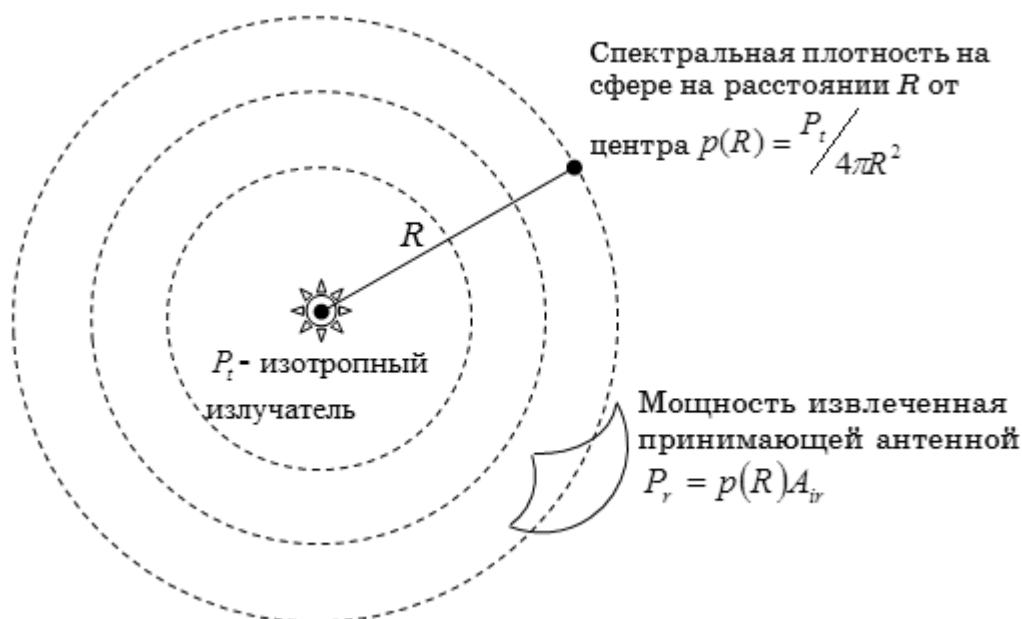


Рис. 6. Диаграмма направленности изотропного излучателя

Которая используется в расчете бюджета радиолиний (13). Однако, как отмечают специалисты, в этом заключается принципиальная ошибка: из принципа взаимности следует, что для определения параметров передающей антенны достаточно определить ее свойства в режиме передачи, т. е. измерить усиление передающей антенны G и уже из него определить эффективную площадь этой же антенны в режиме приема. Поскольку именно усиление на определенной частоте специфицируется для антенн и указывается в их техническом паспорте, формула (23) (или (13)) используется инженерами-проектировщиками для расчета бюджета линии. Но при этом λ является константой, при которой определялись G .

Собирая результаты анализа известных специалистов по этой проблеме [6,7,10], можно сделать следующие выводы:

1) в классической формуле (13) потери в тракте передачи рассчитываются для определенной частоты между двумя изотропными антеннами, чья эффективная площадь апертуры уменьшается с несущей частотой;

2) неправильный вывод, о том что в свободном пространстве усиление канала пропорционально λ^2 , так как коэффициенты усиления антенн G_t и G_r – функции от λ , и в случае апертурных антенн $G \sim 1/\lambda^2$,

и соответственно $P_r/P_t \sim \lambda^2$;

3) произведение $\text{GrGt} \sim 1/\lambda^4$. Соответственно, необходим компенсирующий коэффициент λ^2 , показывающий, что в свободном пространстве энергетический выигрыш обратно пропорционален квадрату длины волны (или растёт пропорционально квадрату частоты);

4) эффективная площадь направленных антенн не зависит от частоты, так как линейные размеры антенн много больше длины волны, т.е. применимы принципы геометрической оптики. Раньше для антенн сантиметрового, дециметрового диапазонов размеры антенн были сопоставимы с размерами длины волны, например, для полуволнового диполя $A = 0,13\lambda^2$, для штыревой антенны (проводника с током) без электрических потерь $A = 3\lambda^2/8\pi \approx 0,12\lambda^2$; из-за этого применение всенаправленных штыревых антенн, используемых в системах связи сантиметрового диапазона (Wi-Fi, 3G, 4G), крайне неприемлемо для систем связи миллиметрового диапазона – эффективная площадь очень мала;

5) потери на трассе можно преодолеть с помощью диаграммообразования, независимой от частоты;

6) для миллиметровых волн на единице площади можно разместить больше антенн, которое позволяет передатчикам и приемникам формировать диаграмму направленности с большим коэффициентом усиления. Например, при одинаковой площади направленная антенна в диапазоне 80 ГГц будет иметь коэффициент усиления примерно на 30 дБ больше (более узкий луч), чем антенна в диапазоне 2,4 ГГц.

Результаты исследований, например [6,7], явно показывают, что миллиметровый диапазон подходит не только для радиорелейных систем связи.

Он имеет огромный потенциал для построения сетей абонентского доступа, сетей беспроводной связи поколения 5G, в нашем случае – для организации стратосферных систем связи. Но это невозможно увидеть, если считать, что потери в канале передачи пропорциональны квадрату (или более высокой степени) частоты.

Конечно, затухание и рассеяние электромагнитного излучения в атмосфере зависит от частоты. В области миллиметрового диапазона эта зависимость достаточно сложна (рис. 3). На средних широтах при умеренной влажности и температуре воздуха в ясную погоду летом у земной поверхности полное ослабление невелико, при вертикальном распространении через атмосферу, частоте 94 ГГц не больше 1,3 дБ.

Реальные законы распространения радиоволн зависят от множества факторов, причем нет общего уравнения, описывающего затухание радиосигналов в реальных условиях, особенно в городских.

Однако, экспериментально для различных условий рельефа, городской застройки, некоторые исследователи определяют зависимость (23) в виде:

$$P_r/P_t = G_t G_r \left(\frac{\lambda}{4\pi R} \right)^\alpha \quad (24)$$

и определяют α .

Например, для миллиметрового диапазона в городских условиях α принимает значения от 3 до 5.

Шахнович И. в своей статье предлагает такую модель энергетического расчета для миллиметровой системы с параболическими антеннами диаметрами d_t и d_r :

$$P_r = P_t \cdot k \cdot \frac{(\pi d_r d_t) f}{16R^2 c^2}, \quad (25)$$

где d_t и d_r – диаметры передающей и принимающей антенн.

При построении радиолиний, работающих в миллиметровом диапазоне длин волн, в настоящее время используются двухзеркальные параболические антенны Кассегрена.

Если в формулу (25) добавить потери в коаксиальном кабеле, разъемах и в атмосфере, тогда для мощности передатчика получим следующее выражение:

$$P_t = P_r \frac{16L_r L_t A R^2 c^2}{k (\pi d_r d_t)^2 f^2}. \quad (26)$$

При таких исходных данных: диаметры передающей и принимающей антенн $d_t, d_r = 0,6$ м, потери в коаксиальном кабеле и разъемах передающего (приемного) тракта – 7 дБ, принятая мощность – 60 дБм.

Потери в атмосфере 0,5 дБ/км (в среднем при дожде (рис.7) – 10 дБ/км, атмосферное ослабление составляет 0,5 дБ/км (даже для тумана) для 80 ГГц.

При таком приблизительном расчете (26) мощность передатчика в зависимости от атмосферного затухания от 0,1 дБ/км до 10 дБ/км соответственно от 10 мВт до 3 Вт. Если расчеты для 80 ГГц проводить по формуле (13), в которой потери в свободном пространстве составляют 156,5 дБ для такой же чувствительности приемника – 69 дБм,

и тех же исходных данных мощность передатчика даже без учета затухания в атмосфере будет 32 Вт.

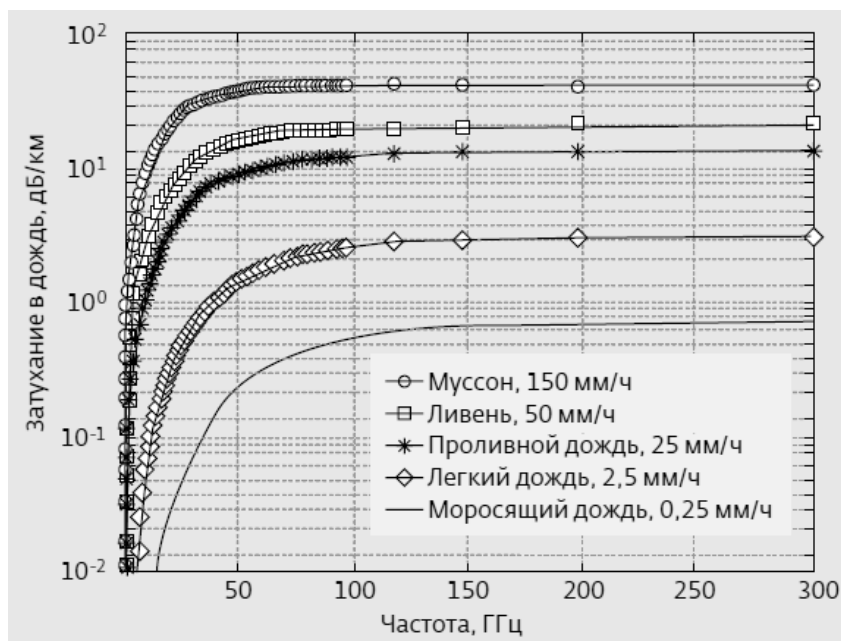


Рис. 7. Зависимость затухания в дождь от частоты для миллиметрового диапазона

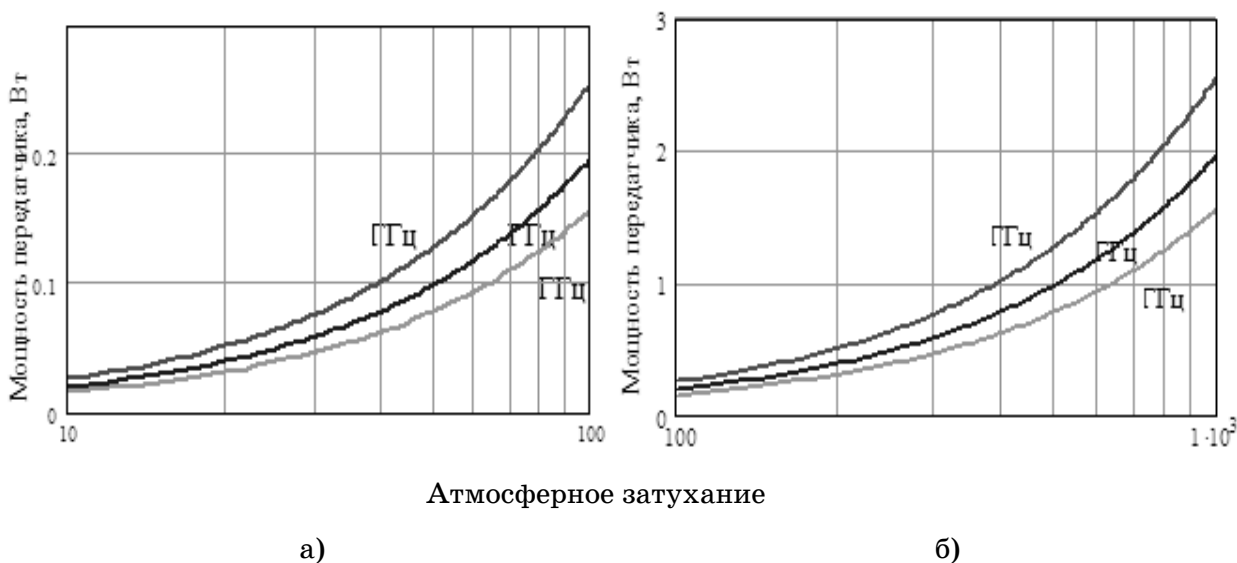


Рис. 8. Зависимость мощности передатчика от затухания в атмосфере:
а) от 10 до 20 дБ, б) от 20 до 30 дБ для разных частот,
расчитанная по формуле (26)

Для радиолинии, например, протяженностью в 1 км на частоте несущей 72 ГГц из тех же исходных данных из расчета (13) мощность передатчика будет составлять приблизительно 3 Вт. Разница в полученных результатах по мощности передатчика рассчитанная по формулам (13) и (26) очень существенная. Она представлена в табл. 1.

Таблица 1

Анализ бюджета радиолнии

Параметр	Усиление/ослабление, дБ			
	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3	Вариант 4
Протяженность радиолнии, км	20	1	20	20
Частота несущей, ГГц	2,4	72	72	72
Математическая модель расчета	формула (13)	формула (13)	формула (26)	формула (13)
Мощность передатчика, дБм (мВт)	27 (500 мВт)	35 (3 Вт)	10 (10мВт)	45 (32 Вт)
Усиление передающей антенны, дБи	25	23	50,6 дБ/0,48° ($d_t = 0,6$ м)	28
Потери при распространении в свободном пространстве, дБ	-126	-129,5	-	-158,5
Потери при распространении в атмосфере, дБ	-	-0,5	-1	-
Усиление приемной антенны, дБи	25	23	50,6 дБ/0,48° ($d_r = 0,6$ м)	28
Принятая мощность, дБм	-69	-69	-60	-69

Потери в разъемах передающего во всех случаях одинаковы и составляют -7(-7). В целом системные параметры для оценки энергетического потенциала радиолнии миллиметрового диапазона должны производиться для различных комбинаций следующих групп с учетом влияния уровня боковых лепестков антенн:

- параметры приёмной и передающей антенн;
- излучаемая мощность передающего устройства и чувствительность приемных устройств;
- тип модуляции;
- величина потерь при распространении;
- коэффициент использования поверхности (КИП);
- величины рефракционных и многолучевых замираний.

Выводы

Из проведенного выше анализа можно сделать выводы, что освоение стратосферных систем связи может качественно привести к таким результатам:

- 1) существенно расширить частотный ресурс, за счет организации двухсегментной системы, где может использоваться оптический диапа-

зон для связи стратосферных платформ со спутниками и между собой, а в вертикальных трассах между стратосферной платформой и наземными точками доступа может использоваться миллиметровый диапазон;

2) увеличить зону покрытия, например, для высоты стратосферного ретранслятора 20 км, до 500 км;

3) существенно снизить показатель цена/услуга для предоставления связи (интернет, телефония, телевидение) по сравнению со спутниковыми, наземными и проводными системами;

4) энергетически выгодно использование солнечных накопительных элементов, узконаправленных антенн, маломощных ретрансляторов, вертикальных и наклонных радиотрасс с затуханием в активной нижней зоне тропосферы в среднем 2 км;

5) с использованием миллиметрового и оптического диапазонов скорости передачи информации могут составлять выше 1 Гбит/с.

И конечно же в таком стратосферном комплексе при перспективном подходе для решения задачи разделения абонентов и обеспечения высокой скорости передачи данных целесообразно применять MIMO/Smart -технологию, сигналы сложной формы (хаотические, сверхкороткие импульсные, модулированные внутри импульса и т.д.), программные разработки для определения в зависимости от условий прохождения сигнала на трассе для изменения видов модуляции, мощности передатчика, видов канального кодирования сигнала, параметров расширения спектра, скорости передачи данных.

Список использованных источников

1. StrategyB., Findings K. Closing-gap-project-loon-internet-org <http://www.saurageresearch.com/closing-gap-project-loon-internet-org/>

2. <http://nag.ru/articles/article/28410/net-povesti-na-svete-chem-povest-o-besplatnom-internete.html>.

3. Спутниковые системы связи: Учебное пособие для вузов / А. А. Савочкин. - Севастополь, 2012.- 113 с.

4. Рекомендация МСЭ-R P.834-5. Влияние тропосферной рефракции на распространение радиоволн. https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/p/R-REC-P.

5. Millimeter Wave Wireless Communications for 5G Cellular: It will work! Professor Theodore (Ted) S. Rappaport. New York University School of Engineering. - Sept. 5, 2014.

6. Жоую Пи, Фарук Хан. Введение в широкополосные системы связи миллиметрового диапазона. Электроника: наука, технология, бизнес. - 2012. - № 3. - С.86-94.

7. Шахнович И. Миф о затухании свободного пространства: чего не писал Г. Т. Фриис // Первая миля. - 2014. - № 2. - С. 40-45.

8. Ильченко М.Е., Нарытник Т.Н. Шелковников Б.Н. Христенко В.И. Радиотелекоммуникационные системы терагерцового диапазона: Электроника и связь. - 2011. - №3. - С. 205-210.

9. Schelkunoff S. A, Friis. Antennas H.T.. Theory and practice. – New York: John Wiley & Sons, 1952.

10. Rappaport T. S., et. al, “State of the Art in 60 GHz Integrated Circuits and Systems for Wireless communications,” Proceedings of IEEE, August 2011, pp. 1390-1436.

11. Склад Б. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение. Изд. 2-е, испр.: пер. с англ. М.: Издательский дом «Вильямс», 2003. – 1104 с.

УДК 004.042

І. В. Калініна, О. І. Лісовиченко[©]

СИСТЕМИ АВТОРИЗАЦІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ РІЗНИХ МЕТОДІВ АУТЕНТИФІКАЦІЇ

Анотація: У роботі розглянуто сучасні методи аутентифікації на базі визначених показників. Проведено порівняльний аналіз переваг і недоліків методів аутентифікації користувачів для підвищення безпеки доступу і простоти користування до систем авторизації.

Ключові слова: системи авторизації; методи аутентифікації; безпека доступу до систем авторизації біометрична ідентифікація; паролі; PIN-коди; карти; токери; комбіновані методи.

Вступ

Кожний користувач сучасних технологій декілька разів на день стикається з системами авторизації.

Авторизація – керування рівнями та засобами доступу до певного захищеного ресурсу, як в фізичному розумінні, так і в галузі цифрових технологій та ресурсів системи залежно від ідентифікатора і пароля користувача або надання певних повноважень (особі, програмі) на виконання деяких дій у системі обробки даних.

Посвідчення, паспорти, бейджі, підписи, паролі, PIN-коди необхідні нам для авторизації при вході в будинок, перетині кордону, отриманні грошей в банку чи, автоматично, в банкоматі тощо.

Важливе значення для систем авторизації є забезпечення безпеки доступу.

Щоб авторизуватись в систему необхідно пройти перевірку відповідності імені входу і пароля – аутентифікацію.

Існує декілька методів аутентифікації (рис. 1), які різняться своєю складністю, надійністю, вартістю та іншими показниками. Кожний з цих методів має свої позитивні та негативні сторони, аналізу яких присвячена ця робота.

Постановка задачі

Провести аналіз методів аутентифікації на базі визначених показників для підвищення безпеки доступу і простоти користування до систем авторизації.

[©] І.В. Калініна, О.І. Лісовиченко

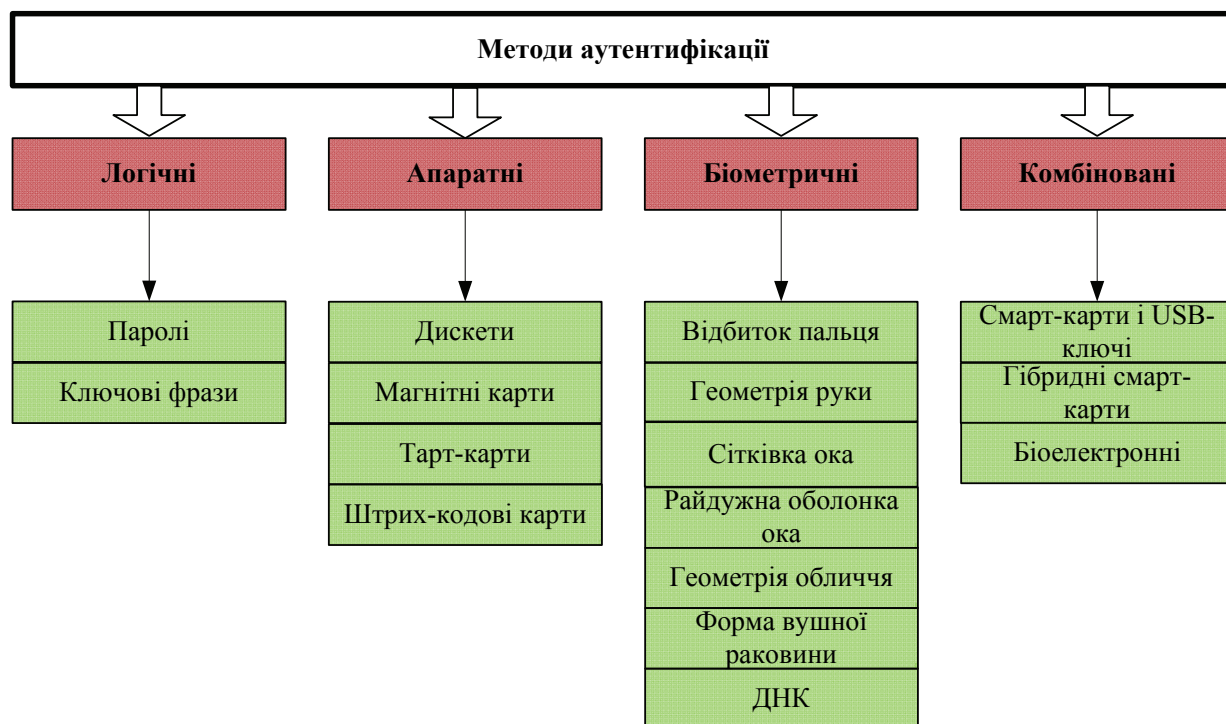


Рис. 1. Методи аутентифікації

Аналіз методів

Система аутентифікації є одним з ключових елементів інфраструктури захисту безпеки доступу до будь-якої системи авторизації.

Для аналізу методів аутентифікації основними показниками будуть:

- 1) Стійкість до перебору.
- 2) Захищеність від підглядання.
- 3) Захищеність у разі викрадання матеріальних носіїв, на яких зберігається аутентифікатор.
- 4) Простота запам'ятовування аутентифікатора.
- 5) Простота процедури аутентифікації.
- 6) Завадозахищеність системи аутентифікації (рівень похибок першого та другого роду).
- 7) Стійкість до дій зовнішніх факторів: температура, освітлення, механічне пошкодження.

Як вже зазначалося, методи аутентифікації діляться на наступні групи: логічні, апаратні, біометричні і комбіновані. Спробуємо проаналізувати їх за вище наведеними показниками.

Логічні методи аутентифікації

Яким би складним не був пароль, існує дві можливості його зламу (не враховуючи варіанти підглядання та викрадення з матеріальних

носіїв): шляхом автоматичного підбору всіх можливих комбінацій знаків і використання програмної закладки («троянський кінь», «руткіт»), яка викрадає пароль із спеціальної області операційної системи.

Для боротьби із системами автоматичного підбору необхідно збільшувати кількість можливих комбінацій знаків, що призведе до збільшення необхідного часу для виконання операцій перебору всіх можливих варіантів. За цей час інформація застаріє і буде неактуальною або буде змінений пароль, і всю процедуру необхідно буде розпочати знову.

Мірою стійкості паролів традиційно є ентропія $\square$ міра невизначеності, вимірювана звичайно в бітах. Ентропія в N біт відповідає невизначеності вибору з 2^N паролів. У разі використання випадкових паролів (наприклад, випадкових чисел, що згенеровані за допомогою генератора) ентропія обчислюється досить просто: вона залежить від кількості можливих паролів для заданих параметрів. Так, для випадкового пароля завдовжки N символів, складеного з алфавіту, що містить M букв, ентропія буде рівна:

$$E = \log_2 M^N.$$

Виникнення помилок першого та другого родів при використанні паролівної системи аутентифікації можливе лише у випадках порушення правильної роботи системи аутентифікації і призводить, в першому випадку, до обмеження користувача в правах доступу до певних ресурсів (на доступ до яких він має право), а у другому $\square$ до надання суб'єкту прав доступу до певних ресурсів (на що він прав не має).

Іншим недоліком системи паролівної аутентифікації є те, що пароль, насправді, дозволяє аутентифікувати не конкретний суб'єкт, а лише зафіксувати відповідність аутентифікатора суб'єкта його ідентифікатору, тобто пароль може беззастережно використовувати будь-який суб'єкт, незважаючи на те, яким чином він його отримав.

Апаратні методи аутентифікації

Цей метод аутентифікації ґрунтується на визначенні особистості користувача за певним предметом, ключем, що перебуває в його ексклюзивному користуванні. Мова йде про спеціальні електронні ключі (токени).

Токени, як правило, захищаються PIN-кодом і максимально

спрощують процедуру введення та зміни аутентифікатора.

Перевагою систем аутентифікації на основі токенів є відсутність необхідності запам'ятовування аутентифікатора (окрім, можливо, нескладного PIN-коду). Це дозволяє використовувати достатньо довгі ключі, а за необхідності, надає можливість реалізувати процедуру зміни ключа при кожному вході в систему, мережу тощо. Також виключається можливість підглядання інформації, яка використовується для аутентифікації.

При зазначених перевагах ця система аутентифікації має певні недоліки:

- токен можна загубити або його можуть вкрати (від негативних наслідків в цьому випадку захищає PIN-код та алгоритми блокування або стирання інформації після фіксованого числа невірних спроб введення PIN-коду);

- окремі токени не захищені від копіювання аутентифікатора безпосередньо з носія інформації з використанням спеціальних засобів, або ж шляхом механічного зламування токена;

- з використанням спеціальної апаратури можливий підбір (перебір) можливих значень аутентифікатора безпосередньо на терміналі системи аутентифікації;

- використання токенів у більшості випадків вимагає наявності додаткового обладнання на терміналах аутентифікації для системи авторизації.

Виникнення помилок першого та другого роду при використанні токенів можливе лише у випадках порушення правильної роботи системи аутентифікації.

Надійність роботи токенів залежить від особливостей їх реалізації: наявність спеціальних вологозахисних, пилозахисних, ударостійких оболонок значно подовжує термін роботи токенів.

Контактні токени, особливо смарт-карти та токени з USB-інтерфейсом, менш довговічні.

Біометричні методи аутентифікації

Біометричні системи в наш час являють собою друге покоління систем безпеки, оскільки саме біометрія використовує вимірювання індивідуальних параметрів людини для її ідентифікації.

Сама процедура біометричної аутентифікації відносно проста (наприклад, прикласти палець чи руку, підставити під камеру, або

пристрій для сканування обличчя або око) і не потребує будь-якого фізичного або психологічного напруження; немає потреби щось запам'ятовувати, періодично змінювати, або приховувати, чи постійно щось із собою носити.

З урахуванням того, що в біометричних системах інформація, яка використовується для аутентифікації, незмінна, виникає можливість підміни біометричних параметрів (наприклад, виготовлення та використання силіконового пальця для дактилоскопічної системи). Але ця процедура теж має певну вартість, яка може співвідноситись із вартістю самої системи аутентифікації, і тому має сенс лише у випадку, коли вартість інформації, що захищається, суттєво вища вартості спуфінга. Зі спуфінгом можливо боротися із застосуванням спеціальних технологій, наприклад, технології «живого пальця».

Збереження біометричних параметрів суб'єкта порівняно з паролями та магнітними картами досить велика, але системи біометричної аутентифікації не захищені від випадків суттєвої зміни біометричних параметрів – пошкодження пальців, рук і інших частин тіла, які використовуються при аутентифікації.

Важливий недолік біометричних систем аутентифікації – неможливість одночасного зменшення рівня помилок першого та другого роду. Якість вирішення цієї проблеми пропорційна вартості систем.

Комбінована (або багатфакторна) аутентифікація

На сьогодні існують комбіновані системи наступних типів:

– *системи на базі безконтактних смарт-карт і USB-ключів;*

У корпус брелока USB-ключа вбудовується антена і мікросхема для створення безконтактного інтерфейсу. Це дозволить організувати управління доступом в приміщення і до комп'ютера, використовуючи один ідентифікатор. Дана схема використання ідентифікатора може виключити ситуацію, коли співробітник, покидаючи робоче місце, залишає USB-ключ в роз'ємі комп'ютера, що дозволить працювати під його ідентифікатором. У разі ж, коли не можна вийти з приміщення, не використовуючи безконтактний ідентифікатор, даної ситуації вдасться уникнути.

– *системи на базі гібридних смарт-карт;*

Гібридні смарт-карти містять різноманітні чипи. Один чип підтримує контактний інтерфейс, інший – безконтактний. Як і у разі гібридних

USB-ключів, гібридні смарт-карти вирішують дві задачі: доступ в приміщення і доступ до комп'ютера. Додатково на карту можна нанести логотип компанії, фотографію співробітника або магнітну смугу, що робить можливим повністю замінити звичайні пропуски і перейти до єдиного "електронного пропуску".

– *біоелектронні системи.*

Для доступу застосовується комбінація з двох систем – біометричної і контактної на базі смарт-карт або USB-ключів.

Найчастіше як біометричні системи застосовуються системи розпізнавання відбитків пальців. При збігу відбитку з шаблоном дозволяється доступ. До недоліків такого способу ідентифікації можна віднести можливість використання муляжу відбитку. Досягти підвищення надійності та безпеки авторизації систем можна за рахунок об'єднання використання біометричних характеристик разом з класичними способами ідентифікації користувачів – відбиток пальця + смарт-карта; відбиток пальця + USB-ключі. В основі комбінованих методів аутентифікації є метод відбитку пальця, так як найбільш вивчений метод розпізнавання, простий та зручний для сканування, найнижча ціна серед біометричних систем ідентифікації.

Порівняльну характеристику методів аутентифікації для систем авторизації можна представити таблицею 1.

Таблиця 1

Порівняльна характеристика методів аутентифікації

Методи Критерій	Логічні	Ідентифікаційні	Біометричні	Комбіновані
Стійкість до перебору	□	□	+	+
Захищеність від підглядання	□	+	+	+
Захищеність у разі викрадання матеріальних носіїв	□	□	+	+
Простота запам'ятовування аутентифікатора	+	+	+	+
Простота процедури аутентифікації	+	+	+	+
Завадозахищеність системи аутентифікації	□	+	□	+
Стійкість до дій зовнішніх факторів	+	□	+□	+

Зробивши порівняльний аналіз на базі визначених критеріїв можна дійти висновку, що парольний захист на сьогодні є одним із найпоширеніших способів безпеки доступу до інформації як в окремих комп'ютерах і системах, так і в мережах світового масштабу. Проте без використання інших механізмів захисту, парольний захист сам по собі не може забезпечити серйозного захисту. Досить розповсюдженими в якості аутентифікації використовуються також різноманітні електронні ключі (токени, карти і т.і.). Але слід зауважити, що останнім часом все більшого поширення набувають системи аутентифікації, які використовують біометричні характеристики людини і які мають безліч переваг – зручність, простота використання, мінімальні затрати часу на проведення операції авторизації, але присутній важливий недолік – завадо-захищеність системи аутентифікації, тобто виникнення одночасно помилок першого і другого роду, а також спуфінг-загроз. Тому, щоб уникнути цих недоліків і збільшити захист доступу до систем авторизації необхідно використовувати комбіновані методи аутентифікації.

Щодо вибору системи аутентифікації безпосередньо в кожній окремій ситуації, користувач повинен: об'єктивно оцінити співвідношення цінності інформації, що захищається, і вартості програмно-апаратного забезпечення аутентифікації, яке обираєте; оцінити зручність у використанні (контактні, безконтактні), а також визначити потрібний рівень захищеності.

Висновки

Розглянуто сучасні методи аутентифікації, зроблено порівняльний аналіз методів аутентифікації (переваги та недоліки) на базі визначених показників.

Таким чином, на основі проведеного аналізу технології логічної, апаратної, біометричної та комбінованої аутентифікації можна зробити висновок, що надалі у міру зростання обчислювальних потужностей все більш затребуваним буде саме вживання систем комплексної (одночасне використання двох і більше методів) аутентифікації для систем авторизації. Підвищення безпеки доступу систем авторизації досягається використанням біоелектронних систем, що дозволить одночасно зменшити помилок першого і другого роду та спуфінг-загроз.

Для простоти користування до систем авторизації є метод відбитку пальця: відбиток пальця + смарт-карта; відбиток пальця + USB-ключі,

так як метод відбитку пальця найбільш вивчений метод розпізнавання, простий та зручний для сканування, найнижча ціна серед біометричних систем ідентифікації.

Список використаних джерел

1. Застосування біометричних систем для ідентифікації особи / Х. А. Лисенко, О. С. Мельник // Юридичні науки □ 2004. □ Вип. 60/62. – С. 88-91. - ISSN 1728
2. Чайковський Я. І. Платіжні системи: нав. посібник / Я. І. Чайковський. – Тернопіль: Карт-бланш, 2006. – 62 с.
3. Ідентифікація користувачів інформаційно-комп'ютерних систем: аналізі прогнозування підходів: інфокомунікаційні системи: наук.-техн. зб. / Н. А. Кошева, Н. І. Мазниченко – 2013. □ Вип. 6(113). – С. 215-223.
4. Малков А. Классификация механизмов аутентификации пользователей и их обзор / А. Малков // Информационная безопасность. – Режим доступа: <https://habrahabr.ru/post/177551/>
5. Попиріна О. Методи аутентифікації / О. Попиріна // Ідентифікація та аутентифікація – Режим доступу : <https://sites.google.com/site/identifikaciataautentifikacia/ponatta-pro-autentifikaciju/metodi-autentifikacie>
6. О цифровой идентификации личности : сб. науч. трудов. НАКУ / Д. В. Ландэ, В. Н. Фурашев – 2007. – Вип. 34. – С. 127-135.
7. Кличенко Я. Ідентифікація на основі біометричних даних / Я. Кличенко // Економічні науки. Режим доступу : <http://nauka.kushnir.mk.ua/?p=16437>

УДК 004.42

Д. О. Карасьов, А. В. Максимюк, А. И. Савицький[©]

РОЗРОБКА МОДУЛЮ АВТОМАТИЗАЦІЇ ОФОРМЛЕННЯ ВІДПУСТОК НА БАЗІ МОДЕЛІ ПРОЦЕСІВ НАДАННЯ ВІДПУСТОК

Анотація: У роботі представлені результати аналізу процесів надання відпусток працівникам вищого навчального закладу, розкрита декомпозиція функціонального забезпечення автоматизованої інформаційної системи, розроблений автоматизований модуль “Відпустки” для програмно-технологічного комплексу “ОК ВНЗ”.

Ключові слова: методологія SADT, бізнес-процес, відпустки, автоматизація, ПТК «ОК ВНЗ».

Вступ

Сучасною тенденцією в використанні засобів автоматизації процесів управління персоналом стає створення єдиної централізованої інформаційної системи управління персоналом, яка служить ефективним засобом для автоматизації роботи відділу кадрів. Єдина система дозволяє вводити дані однократно та, в подальшому, використовувати їх в різних видах кадрових операцій та обліку. В централізованій автоматизованій системі підтримується єдине інформаційне середовище, що надає можливість сформувати узагальнені звіти та отримати необхідну інформацію для керівництва університету.

В сучасному навчальному закладі кадрове діловодство є важливим елементом в управлінні персоналом. При цьому ведення обліку кадрів являє собою трудомісткий і тривалий процес, при якому необхідно постійно враховувати особливості Кодексу законів про працю України [1] та Трудового законодавства, пов'язаних з кадровим обліком, і постійно відслідковувати законодавчі зміни.

Також слід враховувати, що відділ кадрів повинен, відповідно до законодавства України, організувати ефективну систему захисту персональних даних працівників [2]. Мається на увазі, що навчальний заклад не може збирати про співробітників деякі види інформації (про віросповідання, політичні погляди і т.п.), дані про працівників повинні бути суворо конфіденційними (як на організаційному, так і технічному рівні). Також навчальний заклад не може використовувати програмно-

[©] Д. О. Карасьов, А. В. Максимюк, А. И. Савицький

технічні засоби стеження за персоналом, підслуховування їх телефонних розмов без їх відома, порушувати таємницю листування, в т.ч. в електронній формі, і здійснювати інший збір інформації про персонал.

В Україні перевірку правильності ведення кадрового діловодства та дотримання трудового законодавства здійснює ряд наглядових органів - центр зайнятості, фонди соціального страхування, інспекції з охорони праці. Основний контроль здійснює Департамент нагляду за додержанням законодавства про працю Міністерства праці України. Не дотримання різних аспектів законодавства про працю призводить до матеріальної, адміністративної та кримінальної відповідальності.

Для автоматизації обліку персоналу в КПІ ім. Ігоря Сікорського працівниками КБ інформаційних систем розроблена перша черга програмно-технологічного комплексу «Облік кадрів вищого навчального закладу» (ПТК «ОК ВНЗ»). Це є розподілена клієнт-серверна інформаційна система, що забезпечує автоматизовану підготовку, пошук і обробку інформації в рамках інтегрованих мережевих, комп'ютерних і комунікаційних технологіях, і вирішує задачу підвищення ефективності діяльності в адміністративно-кадровій сфері управління. Робота ПТК «ОК ВНЗ» призвела до зменшення кількості помилок інспекторами відділу кадрів університету [3].

ПТК «ОК ВНЗ» складається з підсистем:

- «Особова справа» – призначена для створення сукупності електронних документів, які містять найповніші відомості про працівника і характеризують його біографічні, ділові, особисті якості; вона займає основне місце у системі персонального електронного обліку працівників.
- «Звіти» – призначена для видачі в електронному вигляді регламентованих параметризованих звітів та звітів за заданими параметрами опису працівника ВНЗ з можливістю побудови відповідних діаграм.
- «Пошукова система» – призначена для пошуку та аналізу інформації за заданими параметрами, обробки знайденої інформації, формування та друку знайденої інформації.
- «Статистика» – призначена для проведення статистичного аналізу щодо заповнення бази персональних даних «Працівники» за критеріями: створення нової особової справи, редагування особової справи (за полями).

Підсистема «Особова справа» (рис. 1) має розподіл на окремі програмно-технологічні складові [4][5]:

- особиста інформація;
- заохочення;
- стягнення;
- посвідчення;
- призначення та переміщення;
- пенсійне забезпечення.

Рис. 1. Особова справа працівника

В КПІ ім. Ігоря Сікорського, при загальній кількості більше семи тисяч працівників, відділ кадрів, окрім обліку особового складу, веде додатково облік і по інших напрямках роботи з особовим складом, наприклад, облік відпусток.

Важливість та необхідність обліку відпусток підкреслює наявність в державі спеціального Закону України (ЗУ) «Про відпустки» від 15.11.96 р. № 504/96-ВР.

Головна умова для визначення права на відпустку — перебування у трудових відносинах, закріплених у трудовому договорі.

Згідно ч. 3 ст. 2 ЗУ «Про відпустки» [6] право на відпустки забезпечується гарантованим наданням відпустки визначеної тривалості із збереженням, на її період, місця роботи (посади), заробітної плати (допомоги) у випадках, передбачених законом.

Також відповідно до ст.11 ЗУ «Про відпустки» забороняється не-надання щорічних відпусток повної тривалості протягом двох років підряд, а також ненадання їх протягом робочого року особам віком до вісімнадцяти років та працівникам, які мають право на щорічні додаткові відпустки за роботу із шкідливими і важкими умовами чи з особливим характером праці.

За порушення законодавства України про працю, у частині ненадання відпустки, роботодавець *несе відповідальність згідно з чинним законодавством* [7].

Відпустка являє собою дуже важливу складову робочого процесу навчального закладу.

Постановка задачі

Провести аналіз та проектування бізнес – процесів для автоматизації процесу надання й врахування відпусток за допомогою методології SADT.

Розробити автоматизований модуль оформлення відпусток з використанням моделей бізнес – процесів, які будуть розроблені, наступними складовими:

- Бізнес процес “Оформлення нової відпустки”;
- Бізнес процес “Подовження відпустки”;
- Бізнес процес “Відклик з відпустки”;
- Бізнес процес “Компенсація відпустки”;
- Бізнес процес “Редагування існуючих відпусток”;
- Бізнес процес “Відпустки минулих років”.

Вирішення задачі

Сутність структурного підходу до розробки автоматизованої інформаційної системи полягає в її декомпозиції: функціональне забезпечення представляється у вигляді функціональних підсистем, які, в свою чергу, поділяються на модулі, компоненти та інше. Процес розбиття продовжується до зазначення конкретних процедур. При цьому система зберігає цілісність взаємопов’язаних складових.

Функціональне проектування модуля «Відпустки»

Для вирішення поставлених задач був проведений аналіз процесів документообігу відділу кадрів університету, де була виявлена можливість раціоналізації його за рахунок зменшення дублюючої інформації.

В результаті проведеного аналізу предметної області була розроблена функціональна модель бази даних для модуля «Відпустки». Проектування бізнес-процесів відбувалося за допомогою методології SADT.

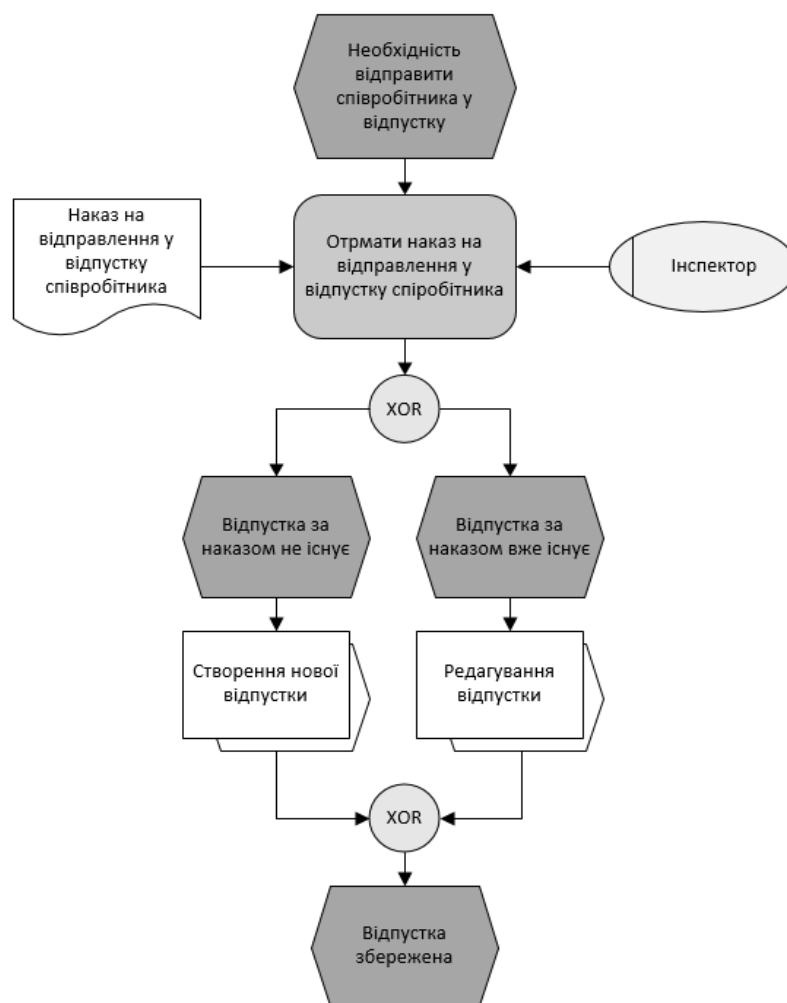


Рис. 2. Схема деталізації бізнес-процесу

Функціональна декомпозиція модуля «Відпустки» представлена на рис. 3.

Декомпозиція модуля «Відпустки» дала можливість визначити для реалізації наступні функції:

- Вихід працівника за видом у відпустку;
- Подовження працівником відпустки за видом;
- Відклик працівника з щорічної відпустки;
- Компенсація працівникові щорічної відпустки;
- Переривання щорічної відпустки через лікарняний.

Розглянемо більш детально взаємодію роботи складових модуля «Відпустки» [8].

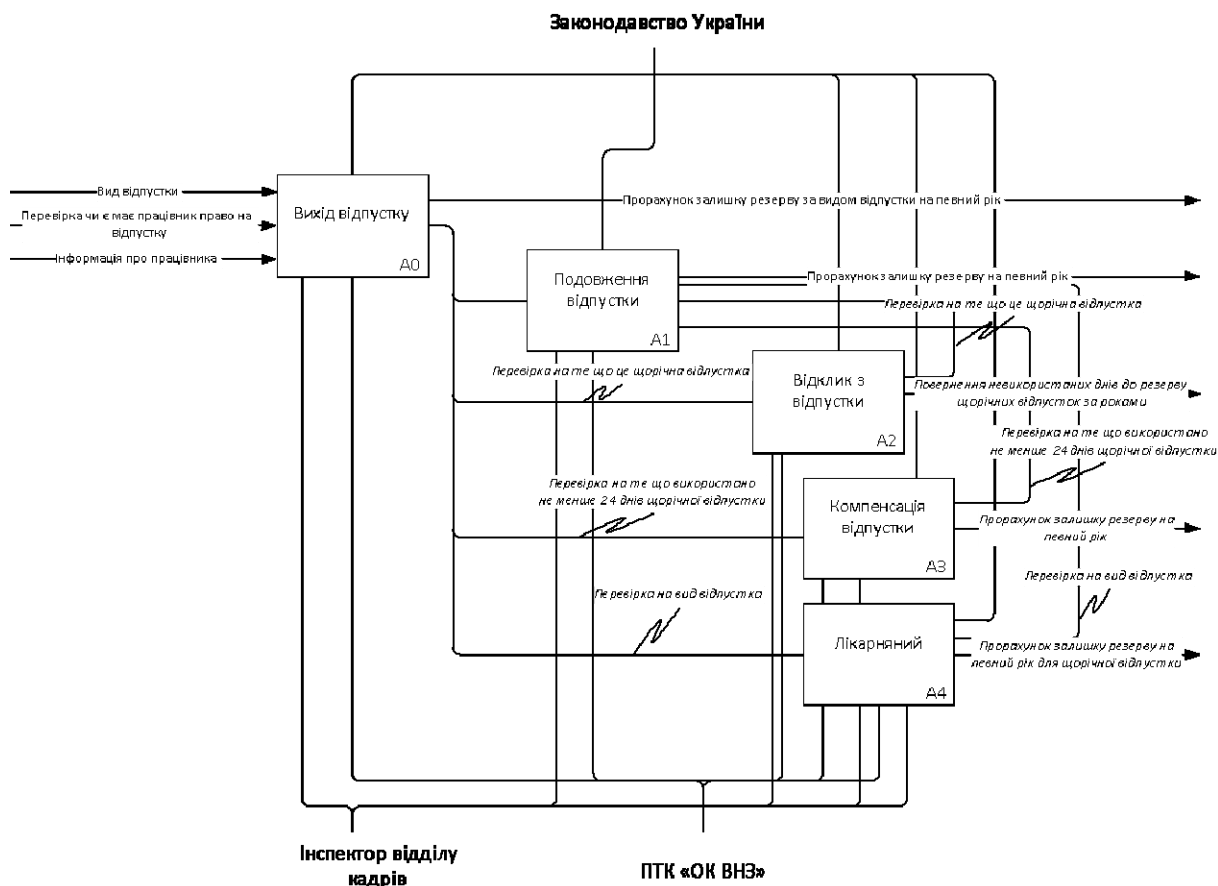


Рис. 3. Функціональна декомпозиція модуля «Відпустки»

Робота інспектора відділу кадрів з модулем починається з форми “Історія відпусток” (рис.4), у якій представляється інформація про використані відпустки працівника та залишок резерву. За бажанням інспектора відпустки будуть впорядковуватися або за типом відпустки, чи за роком.

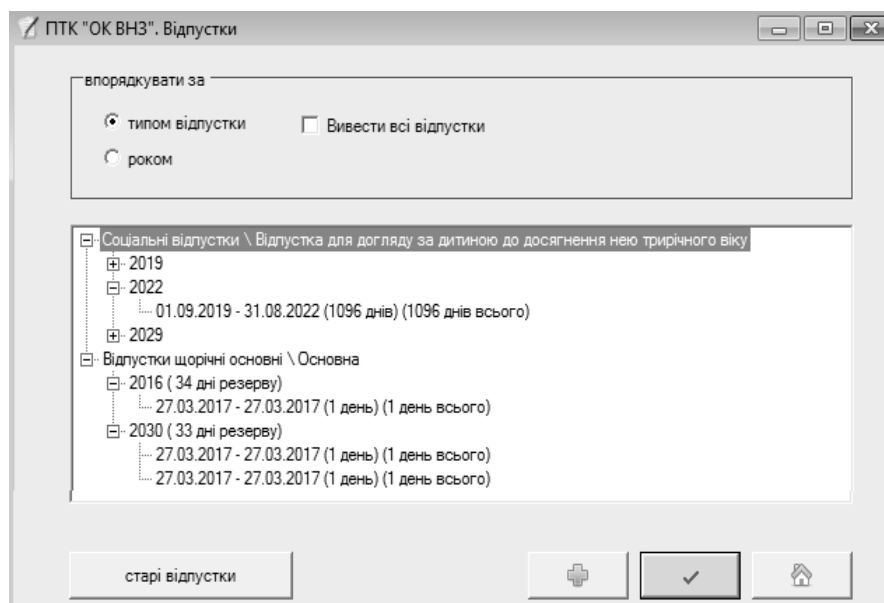


Рис. 4. Історія відпусток

За структурою модуль «Відпустки» складається з наступних частин:

- Нова відпустка;
- Редагування;
- Відпустки минулих років.

В першу чергу інспектор має можливість отримати вичерпну інформацію про відпустки працівника, коли він працював на певній роботі по роках зі зазначенням залишку резерву щорічних та соціальних відпусток.

Функціональна декомпозиція активності «Щорічної відпустки» представлена на рис. 5.

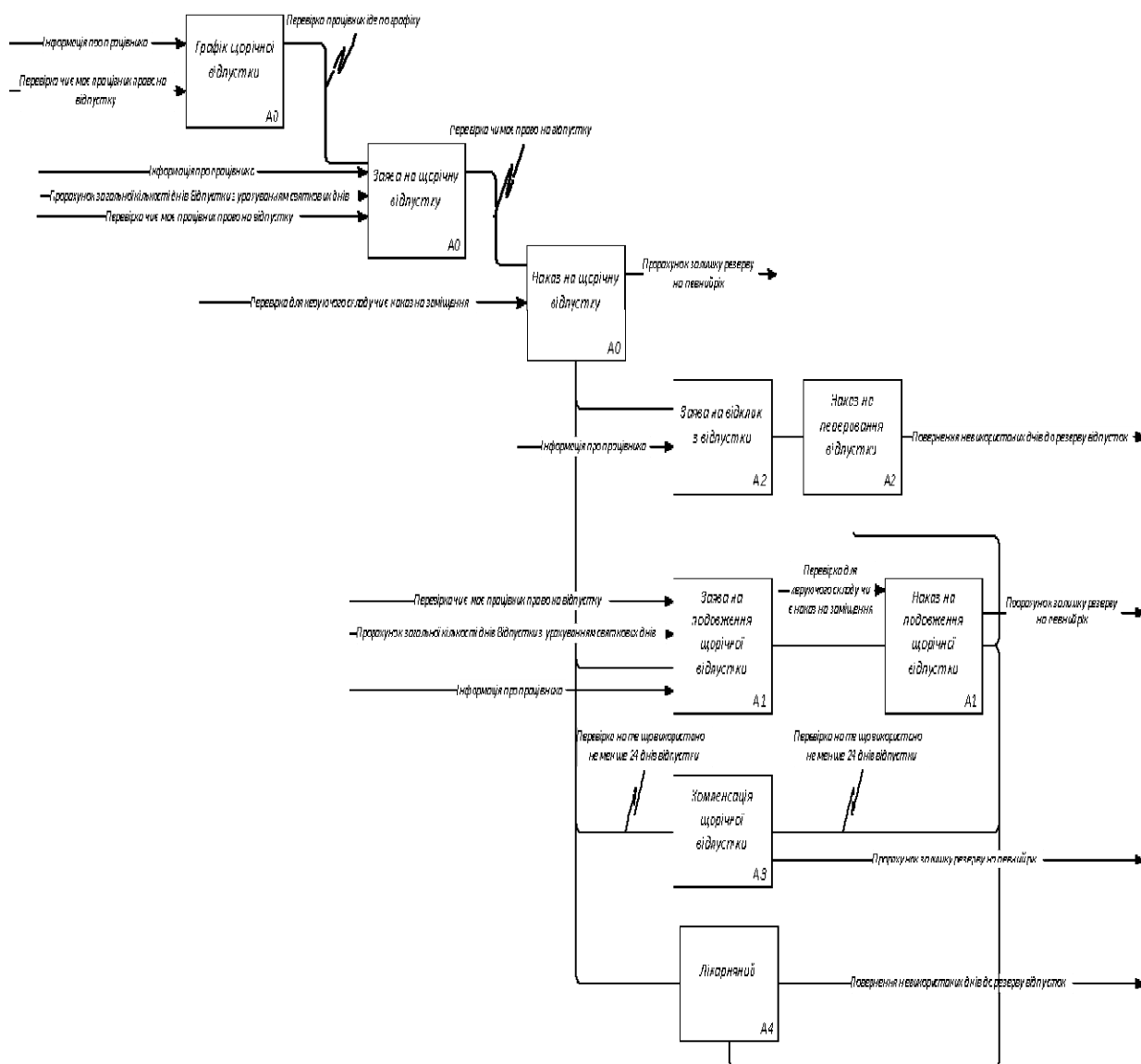


Рис. 5. Функціональна декомпозиція активності «Щорічної відпустки»

При необхідності створення нової відпустки (отримання наказу про надання відпустки) відбувається перехід на форму «Створення нової відпустки» (рис.6).

PTK "OK ВНЗ" Створення нової відпустки

Тип відпустки: Відпустки щорічні основні\Основна

Номер і дата наказу: 432-п 22.03.2017

Відпустки (грн):

Тип періоду: Календарний

Оздоровчі: ☐

Причина: Заява

Додаткова інформація:

Дати відпустки:

Дата початку: 01.04.2017 Дата завершення: 20.04.2017 Кількість днів: 19

Дати періодів:

Сортування: За збільшенням

Рік	Період з	по	Днів	Усього	Резерв	Сума днів: 19
2015	04.06.2015	по 03.06.2016	10	56	46	
2016	04.06.2016	по 03.06.2017	9	100	90	

Рис. 6. Створення нової відпустки

В цій формі інспектор вносить інформацію:

– тип відпустки (щорічна основна, додаткові відпустки: у зв'язку з навчанням, творча, соціальна, без збереження, чорнобильська, для окремих категорій ветеранів війни);

– реквізити наказу;

– період відпустки (календарний, учбовий);

– дата відпустки.

В залежності від полів «Тип відпустки», «Дата початку» та «Дата завершення» кількість днів відпустки розраховується автоматично. Згідно чинного законодавства при визначенні тривалості щорічної відпустки не враховуються святкові та неробочі дні.

В групі «Дата періодів» відображаються:

– рік, в якому у працівника за видом відпустки залишився резерв.

– період роботи – рік вираховується автоматично з дати початку роботи; але, якщо працівник знаходився у відпустці за доглядом за дитиною, цей час у прорахунок періоду роботи не враховується.

Загальну кількість днів, яку працівник бере на час відпустки, можна розбити за декількома періодами роботи.

Резерв прораховується автоматично, де враховуються усі надані, подовжені, відкликані або компенсовані відпустки працівнику за певний рік роботи за типом відпустки.

Висновки

В даній статті був проведений аналіз задачі оформлення відпусток, на базі якого були спроектовані моделі бізнес-процесів надання відпусток за допомогою методології SADT. Для вирішення поставлених задач згідно чинного законодавства був розроблений автоматизований модуль “Відпустки” для ПТК “ОК ВНЗ”, який дає можливість інспектору відділу кадрів контролювати інформацію про:

- резерв відпустки (по роках) відповідно її типу для кожного працівника;
- наявності в базі даних ПТК «ОК ВНЗ», працівників, які не були у відпустці більше 2 років;
- отримання компенсації за невикористані дні відпусток при звільненні працівника;
- можливості надання працівнику подовження відпустки;
- відклику працівника з щорічної відпустки;
- надання працівнику певних видів відпустки тільки при наявності лікарняного;
- надання працівнику компенсації невикористаних днів щорічної відпустки.

Список використаних джерел

1. Кодекс законів про працю України від 10.12.71 р.:— Режим доступу :- <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/322-08>
2. Закон України «Про захист персональних даних» від 01.06.2010 № 2297-VI. :— Режим доступу :- <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/2297-17>
3. Інноваційні комп'ютерні технології у вищій школі : матеріали 2-ої Науково-практичної конференції, 23–25 листопада 2010 року, Львів / Національний університет “Львівська політехніка”. – Львів: Видавництво Національного університету “Львівська політехніка” // Савицький А. Програмно-технологічний комплекс «Облік кадрів ВНЗ» / А. Савицький, О. Габзовська, А. Максимюк – 2010. – С. 101–103.
4. Сборник научных трудов SWorld. Материалы международной научно- практической конференции «Современные направления теоретических и прикладных исследований ‘2012». // Максимюк А. В., Рибак С. М., Савицький А. Й. Аналіз та структурізація особової справи співробітника ВНЗ в єдиному інформаційному середовищі університету –

Выпуск 1. Том 5. – Одесса: КУПРИЕНКО, 2012. – ЦИТ: 112-858 – С. 39–41.

5. Сборник научных трудов SWorld. Материалы международной научно- практической конференции «Современные направления теоретических и прикладных исследований '2014». // Максимюк А. В., Найденко Є. І., Савицький А. Й. Особливості організації роботи програмно-технологічного модуля «Нова особова справа працівника» в програмно-технологічному комплексі «Облік кадрів вищого навчального закладу» – 2014 – С.36-42.

6. Закон про відпустки — Закон України «Про відпустки» від 15.11.96 р. № 504/96-ВР.:— Режим доступа : – <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/504/96-%D0%B2%D1%80>

7. Кодекс України про адміністративні правопорушення від 07.12.1984 № 8073-Х.

8. Сборник научных трудов SWorld. Материалы международной научно- практической конференции «Современные направления теоретических и прикладных исследований '2012». // Александров С. С., Максимюк А. В., Савицький А. Й. Аналіз моделі динамічного пошуку в автоматизованій інформаційній системі «Облік кадрів ВНЗ» – Выпуск 1. Том 5. – Одесса: КУПРИЕНКО, 2012. – ЦИТ: 112-860 – С.39-41.

УДК 621.3.011.74.005

В. В. Михайленко

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ПРОЦЕСІВ У ДВАНАДЦЯТИПУЛЬСНОМУ ПЕРЕТВОРЮВАЧІ З ЧОТИРИЗОННИМ РЕГУЛЮВАННЯМ НАПРУГИ

Анотація: У статті проведено аналіз електромагнітних процесів в електричних колах з напівпровідниковими комутаторами. Створено математичну модель дванадцятипульсного напівпровідникового перетворювача з чотиризонним регулюванням вихідної напруги для аналізу електромагнітних процесів у напівпровідникових перетворювачах з широтно-імпульсним регулюванням. Наведено графіки, що відображають електромагнітні процеси у електричних колах.

Ключові слова: електромагнітні процеси, вихідні напруга та струм

Вступ

У зв'язку з широким використанням напівпровідникових комутаторів у електричних колах сучасних перетворювачів параметрів електроенергії значно ускладнюються задачі аналізу електромагнітних процесів. Найбільші ускладнення виникають при необхідності моделювання усталених і перехідних процесів у розгалужених колах змінної структури, в ланках з реактивними елементами якої виникають синусоїдні, постійні та імпульсні напруги. У роботах [1-4] показана доцільність використання структур напівпровідникових перетворювачів (НПП) з однократною модуляцією при побудові систем вторинного електропостачання для комплексів діагностики електро-механічних пристроїв із різноманітним видом вхідної енергії. У даній роботі проводиться аналіз аспекту використання тієї ж структури НПП в якості ланки високої частоти, що стосується побудови й аналізу перетворювачів для електромеханічних комплексів із широтно-імпульсним регулюванням (ШІР) постійної напруги при чотиризонному керуванні.

Метою роботи є створення математичної моделі дванадцятипульсного напівпровідникового перетворювача з чотиризонним регулюванням вихідної напруги.

Аналіз електромагнітних процесів

При складанні математичної моделі перетворювача використаємо метод багатопараметричних модулюючих функцій [2], який передбачає

попереднє представлення алгоритмічного рівняння перетворювача. При цьому приймемо такі припущення: вхідна енергетична мережа симетрична і її внутрішній опір дорівнює нулю, транзистори і діоди інвертора випрямленої напруги (ІВН) представляються ідеальними ключами, узгоджувальні трансформатори в кожній з зон регулювання вихідної напруги не мають втрат, а навантаження перетворювача має еквівалентний активно-індуктивний характер.

Структурна схема НПП показана на рис. 1. На структурній схемі позначено: СМ1 і СМ2 – блоки силових модуляторів фазних і лінійних напруг відповідно; ВВ1 і ВВ2 – високочастотні випрямлячі фазних і лінійних напруг; СК – система керування і Н – навантаження, яке має активно-індуктивний характер. Кожний з блоків СМ має у своєму складі випрямлячі та інвертори, навантажених на узгоджувальні трансформатори.

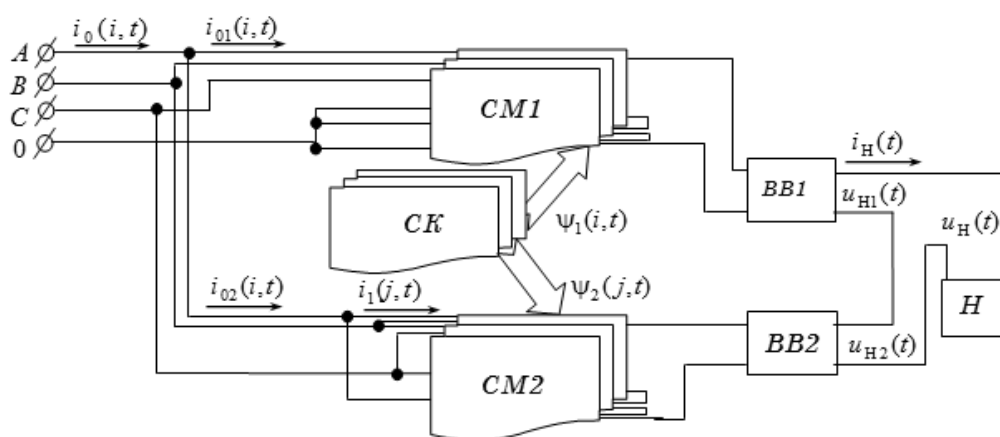


Рис. 1. Структурна схема перетворювача

Таким чином кожен СМ має в своєму складі N ІВН, де N – це число інверторів.

Створення математичної моделі перетворювача передбачає розробку математичного забезпечення, спроможного провести аналіз його електромагнітних процесів відносно енергії, яка генерується, з урахуванням характеру навантаження, енергії, яка при цьому споживається, а також енергії, яка перетворюється в окремих ланках і в окремими елементами перетворювача.

Алгоритмічне рівняння перетворювача записано у публікації [2]:

$$u_H(t) = \frac{1}{k_T} \left(\sum_{n=1}^{N=2} \sum_{i=1}^3 u_{11}(i, t) \phi_1(i, t) \psi_1(i, t) v_1(t) + \sum_{n=1}^{N=2} \sum_{j=1}^3 u_{12}(j, t) \phi_2(j, t) \psi_2(j, t) v_2(t) \right), \quad (1)$$

де: $i = 1, 2, 3$ і $j = 1, 2, 3$ – номери фазних і лінійних напруг енергетичної мережі відповідно; k_T – коефіцієнт трансформації трансформаторів; $\psi_{B1}(i, t)$ і $\psi_{B2}(i, t)$ – модулюючі функції, які співпадають за часом з фазними і лінійними напругами; $u_{11}(i, t)$ і $u_{12}(i, t)$ – миттєві значення лінійних напруг; $v_1(t)$ і $v_2(t)$ – еквівалентні модулюючі впливи ВВ1 і ВВ2.; $n = 1, 2, 3, \dots, N$ – номери зон регулювання вихідної напруги; N – кількість

ІВН в кожному СМ;

$$\psi_{A1}(i, t) = \text{sign} \left[\sin \left(\omega_1 t - \varphi - \frac{(i-1)2\pi}{3} \right) \right]$$
 – модулюючі функції, які співпадають за часом з положенням відповідних фазних

напруг мережі живлення;

$$\psi_{B2}(j, t) = \text{sign} \left[\sin \left(\omega_1 t - \varphi + \frac{\pi}{6} - \frac{(j-1)2\pi}{3} \right) \right]$$
 – модулюючі функції, які співпадають за часом з положенням відповідних лі-

нійних напруг мережі живлення;

$$u_{01}(i, t) = E_m \sin \left(\omega_1 t - \varphi - \frac{(i-1)2\pi}{3} \right)$$
 – миттєві значення вхідних фазних напруг мережі живлення,

$$u_{02}(j, t) = E_m \sin \left(\omega_1 t - \varphi + \frac{\pi}{6} - \frac{(j-1)2\pi}{3} \right)$$
 – миттєві значення вхідних фазних напруг мережі живлення, E_m – амплітудне значення фазної напруги; $\omega_1 = 2\pi f_1$ і φ – відповідно кругова частота і початкова фаза напруги живлення; $\psi_1(i, t)$ – множина еквівалентних модулюючих впливів j -х СМ, $\psi_2(j, t)$ – множина еквівалентних модулюючих впливів j -х СМ.

Струм на навантаженні перетворювача знайдемо, як реакцію одноконтурного RL – ланцюга на дію напруги $u_H(t)$

$$i_H(t)R + L \frac{di_H(t)}{dt} = u_H(t), \quad (2)$$

де: R і L – відповідно активний опір і індуктивність навантаження.

Рішення (2) відносно струму навантаження визначимо числовим методом за допомогою функції `odesolve` математичного процесора **MATHCAD**

$$i_H(t) = \text{odesolve}(t, k, p), \quad (3)$$

де: t – час; k – часовий інтервал; p – кількість точок на часовому інтервалі.

Діаграми струму навантаження в координатах вихідної напруги перетворювача, побудовані за (3) для чотиризонного регулювання представлені на рис. 2.

Фазні струми $i_{01}(i, t)$ знаходимо з виразу

$$i_{01}(i, t) = \frac{\sum_{n=1}^{N=2} i_H(t) \psi_{B1}(i, t) \psi_1(i, t) v_1(t)}{k_T} . \quad (4)$$

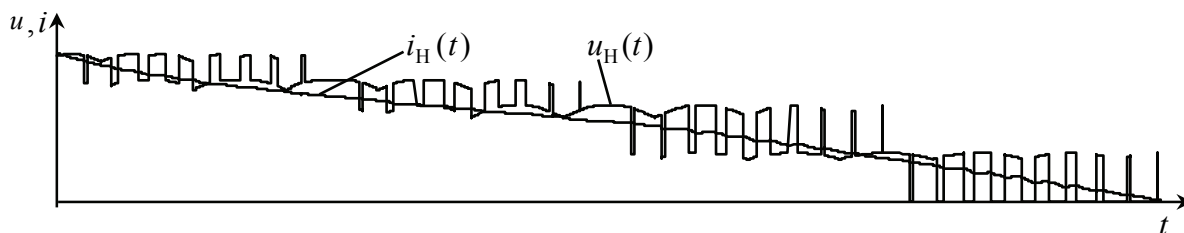


Рис. 2. Діаграми струму та напруги навантаження

Лінійні струми $i_{12}(j, t)$ знаходимо з виразу виду

$$i_{12}(j, t) = \frac{\sum_{n=1}^{N=2} i_H(t) \psi_{B2}(j, t) \psi_2(j, t) v_2(t)}{k_T} . \quad (5)$$

Фазні струми $i_{02}(i, t)$ знаходимо з співвідношень

$$i_{02}(1, t) = i_{12}(1, t) - i_{12}(3, t) ; i_{02}(2, t) = i_{12}(2, t) - i_{12}(1, t) ; i_{02}(3, t) = i_{12}(3, t) - i_{12}(2, t) . \quad (6)$$

Вхідні фазні струми енергетичної мережі у кожній i -й фазі знаходимо з виразу:

$$i_0(i, t) = i_{01}(i, t) + i_{02}(i, t) . \quad (7)$$

Діаграми вхідних фазних струмів перетворювача в координатах напруг енергетичної мережі, побудовані за (7), представлені на рисунку 3.

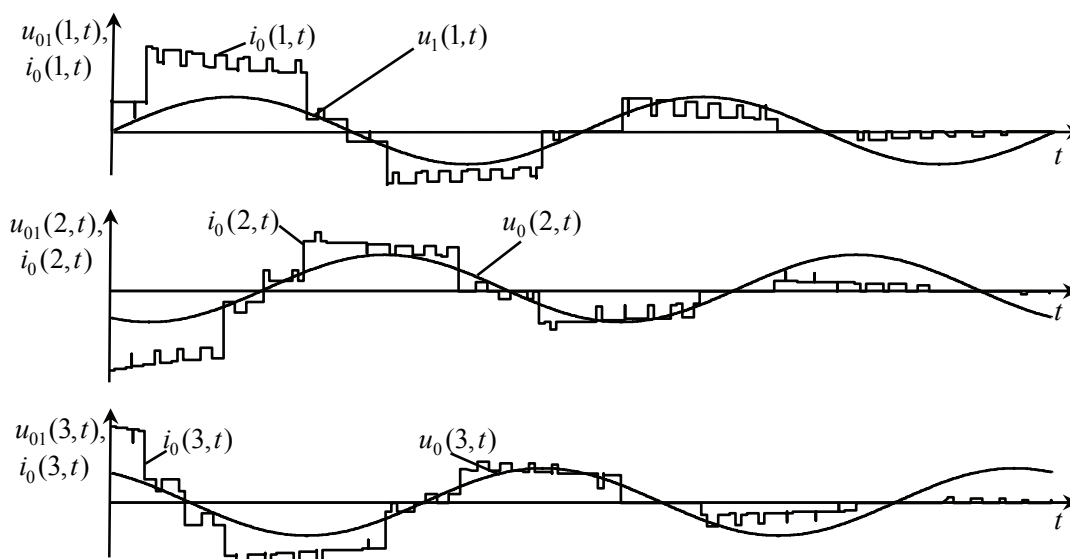


Рис. 3. Діаграми вхідних струмів i -х фаз мережі в координатах фазних напруг

Висновки

У данні роботі було виконано аналіз електромагнітних процесів в електричних колах з напівпровідниковими комутаторами. Використовуючи метод багатопараметричних модулюючих функцій було знайдено струм і напругу навантаження, а також вхідні струми перетворювача. У роботі розвинуто метод багатопараметричних функцій в частині розробки нової математичної моделі з багатозонним регулюванням вихідної напруги та визначення модулюючих функцій для аналізу за підсистемними складовими структури електричних кіл з напівпровідниковими комутаторами.

Використання багатопараметричних модулюючих функцій в математичних моделях електромагнітних процесів у електричних колах з напівпровідниковими комутаторами дозволяє формалізовано визначати струми в колах інверторів та інших напівпровідникових ланок кожного із силових модулів випрямлених напруг. Також формалізовано можна визначати алгоритми управління комутаторами в колах силових модуляторів фазних і лінійних напруг трифазної мережі електроживлення, що спрощує підвищення якості знакопостійних напруг у процесі формування та багатозонного регулювання вихідних синусоїдних і знакопостійних напруг.

Список використаних джерел

1) Макаренко М. П. Математична модель перетворювача трифазної напруги в постійну напругу / М.П. Макаренко, В.В. Михайленко // Електроніка и связь. – 2002. – № 14. – С. 73–75.

2) Патент 20985. України. МПК H02M 1/02. Модулятор випрямленої напруги / М.П. Макаренко, В. В. Михайленко, Заявник та власник патенту НТУУ “КПІ” – Завл. 18.09.2006, опубл. 15.02.2007. Бюл. № 2.

3) Макаренко М. П. Системний аналіз електромагнітних процесів у напівпровідникових перетворювачах електроенергії модуляційного типу / М. П. Макаренко, В.І. Сенько, М. М. Юрченко – К. : НАН України, ІЕД, 2005. – 241 с.

4) Макаренко Н. П. Анализ электромагнитных процессов в двенадцатипульсном преобразователе с зонным регулированием выходного напряжения / Н. П. Макаренко, В. В. Михайленко, Н. Н. Юрченко // Вестник НТУ “Харьковский политехнический институт”. “Проблемы автоматизированного электропривода. Теория и практика”. – 2002. – Т. 1. – С. 233–234.

УДК. 621.38; 536.5

І. В. Мірошніченко, О. О. Гагарін, О. В. Баранюк

ОСНОВНІ ПАРАМЕТРИ АДАПТИВНИХ СИСТЕМ ОБРОБКИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДАНИХ

Показано, що для автоматизованих систем обробки експериментальних даних необхідно в алгоритмі закладати можливості адаптації по швидкості обробки, підвищенню точності, можливості комплексирования вимірювань. Користувачам повинна бути надана можливість зміни взаємодії з системою в залежності як від параметрів вхідних даних, що підлягають обробці за фіксованими або змінними програмами, так і від стану бази даних по конкретній наочній області.

Ключеві слова: інформатика, система обробки експериментальних даних, інформаційно-вимірювальна система стаціонарні гаусові випадкові процеси

Вступ

По відношенню до технічних систем (ТС), якими називатимемо сукупність динамічно зв'язаних штучних компонентів, утворюючих цілісну внутрішню структуру і володіючих зовнішньою цілеспрямованістю, термін "адаптація" вперше з'явився в теорії автоматичного управління, потім в радіотехніці і зв'язку, в гідроакустиці і інших областях науки і техніки. Під адаптивними ТС (АДТС) розумілися такі, для яких було зручне застосовувати термін "адаптація", причому сам термін не вимагав додаткових роз'яснень. Дещо пізніше за його стали визначати через не підлягаючі уточненню терміни типу "навчання", "самонавчання", "ефективність" і т. д., що не особливо сприяло проясненню ситуації [1].

В широкому значенні адаптивність ТС - це здатність системи модифікувати себе або зовнішнє середовище при зміні умов функціонування з метою компенсації (хоча б часткової) втрати ефективності функціонування.

З технічної точки зору адаптація є однією із способів використання автоматизованої техніки, що приводять до появи якісно нової властивості у функціонуванні ТС. В техніці адаптація – це вищий ступінь автоматизації ТС, що характеризується не тільки наявністю зворотних зв'язків, але і обов'язковою наявністю у складі ТС пристроїв вимі-

рювання і аналізу результатів цих вимірювань, наділяючи властивістю пам'яті і володіючих здатністю ухвалювати деякі рішення на основі аналітичних і формальних логічних висновків.

З системної точки зору адаптація є процесом безперервної оптимізації, тому будь-яка АДТС повинна, принаймні, протягом деякого часу, підтримувати свою оптимальність.

З математичної точки зору АДТС повинні вирішувати задачі стохастичної екстраполяції, тобто прогнозувати якість свого функціонування і підтримувати його на деякому заданому рівні (наприклад, верхньому) протягом наперед певного інтервалу часу.

Загальний принцип побудови адаптивних систем заснований на вимірюванні, тобто отриманні оцінок, відомих (або визначуваних в процесі роботи АДТС інформативних параметрів, запам'ятовуванні цих оцінок і введення їх у вибраний функціонал обробки. При цьому практично завжди залишається невиясненою оптимальність всієї процедури в цілому, оскільки вид оцінки вибирається з позицій *теорії вимірювань*, що припускає отримання оцінок параметрів з деякою погрішністю, а функціонал обробки - з позицій *теорії перевірки гіпотез*, що припускає наявність всієї (або достатньо повної) інформації про об'єкт [2].

Розуміючи під оптимізацією досягнення як найкращого результату функціонування ТС з безлічі можливих варіантів її побудови, у складі системи обробки експериментальних даних (СОЕД) на рівні системного аналізу необхідно розглянути вимірювальний блок (далі званий інформаційно-вимірювальною системою – ІВС або вимірювально-обчислювальним комплексом - ІВК) та блок аналізу і ухвалення рішень [3].

З теоретичної точки зору інформаційно-вимірювальний підхід гарантує вимірність різних множин. Основою побудови теорії вимірювань повинне бути вивчення топологічних властивостей множин, причому міра топології вимірних множин повинна дозволити ввести амплітудний, просторовий і тимчасовий заходи процесу і прийти до поняття інформаційної продуктивності ознак, властивості яких відображаються у вигляді *результатів вимірювань* [4].

Постановка задачі зводиться до розробки класифікації параметрів адаптації у системах обробки експериментальних даних та інформаційно-вимірювальних системах (ІВС), розробки загальних для всіх

систем, їх вузлів і блоків, а також середовищ розповсюдження сигналів (носіїв інформації) методології вимірювання інформативних параметрів, отримання оцінок цих параметрів і *оптимально* погоджувати їх

Основний зміст. *ІВС* (синонім - *ІВК*) - *багатоканальний і (або) багатofункціональний технічний пристрій, призначений для* вимірювань і є сукупністю засобів вимірювань (*ЗВ*) - вимірювальних приладів (*ВП*), первинних і вторинних вимірювальних перетворювачів (*ПВП* і *ВВП*), з'єднаних загальним алгоритмом функціонування і призначену для отримання даних про *стани об'єкту* шляхом деяких перетворень безлічі фізичних величин, розподілених в часі і в просторі

Якщо результатом перетворень є іменоване число $[N] = n\Delta x$, яке має розмірність X [1] і отримане як результат рахунку n одиниць *вимірювання* Δx , те таке перетворення називається вимірюванням; якщо логічні вислови типу “більше, рівно, менше” - то контролем. Звідси слідує відмінності між *ІВС* і системами автоматизованого контролю (тобто з участю людини-оператора) або автоматичного контролю (без участі оператора), часто що позначаються аббревіатурою - *САК*.

Системи обробки експериментальних даних (*СОЕД*), виконуючі всі основні функції *ІВС*, мають додаткову нагоду дії на об'єкт вимірювань з метою наближення до $EXTR \left\{ \begin{smallmatrix} MAX \\ MIN \end{smallmatrix} \right\}$ цільової функції експерименту (погрішності, надійності, витрат ресурсів і т. д.).

В таких термінах задача оптимізації *АДТС* зводиться до послідовного рішення для обох блоків *ТС* трьох основних етапів:

- отриманню аналітичної залежності для цільових функцій (наприклад, для погрішностей вимірювань, що є визначальним показником якості для *ІВС* і *СОЕД*);
- знаходженню математичних співвідношень для цілком певних задач оптимізації;
- ухвалення рішення по одному з вибраних (або спеціально розроблених) критеріїв.

Для оцінки ефективності будь-кого *ТС* необхідно передбачити сумісний аналіз ефекту від застосування *ТС* при виконанні сукупності умов, що реалізують прийняті принципи і витрат на його досягнення.

При цьому використовуються технічні, економічні і техніко-економічні критерії ефективності ТС.

Технічні критерії (їх досить багато) звичайно відображають технічний рівень ТС (тобто “досконалість” з погляду розробників) або ступінь придатності ТС для вирішення поставлених задач. Проте така оцінка носить односторонній характер і є в більшості випадків недостатньою, за винятком тих, випадків, коли зняті економічні обмеження (наприклад, у військовій області, в космічних дослідженнях).

Економічні критерії (звичайно вартості витрат ресурсів), будучи більш загальними і універсальними, не відображають, в більшості випадків, технічної досконалості (знову ж таки, з погляду розробників) і динаміки роботи ТС.

Техніко-економічні (комплексні) критерії більш переважні, тому завжди робляться спроби формування таких критеріїв оцінки ефективності ТС, що представляють, наприклад для ІВС, собою мінімум погрішності при обмеженнях на ресурси.

Для більшості ТС можливі *чотири види адаптації*:

- *зовнішньо-зовнішня*, коли ТС реагує на зовнішні зміни модифікацією свого оточення (виключення, у тому числі і знищення, зовнішніх джерел перешкод; екранування, перенесення самої ТС в інше місце;

- *зовнішньо-внутрішня*, коли ТС реагує на зовнішні зміни модифікацією самої себе (найтиповішим прикладом є зміна структури оптимального приймача сигналів при зміні характеру перешкод), включаючи самоліквідацію;

- *внутрішньо-зовнішня*, при якій ТС на внутрішні зміни реагує модифікацією свого оточення (включення зовнішніх джерел живлення при енергетичній адаптації, включення зовнішнього резерву при відмовах, а також прийоми дублювання і резервування і т.д.;

- *внутрішньо-внутрішня*, коли ТС у відповідь на внутрішні зміни модифікує сама себе (наприклад, адаптивні приймачі з внутрішнім контуром адаптації).

Існування різних шляхів і методів зменшення погрішностей СОЕД і ІВС викликано деякою відмінністю в підході до їх аналізу в теоріях вимірювань, надійності, перешкодозахисних (перешкодостійкості) і інших суміжних галузях науки і техніки. Методи підвищення точності

систем можна розбити на три основні групи, включаючи ті або інші принципи адаптації.

1. *Усунення самих джерел погрешностей* або їх придушення в місці виникнення. Типовими прикладами можуть служити методи придушення індустриальних перешкод усередині цих джерел (екранування); зменшення внутрішніх шумів блоків і вузлів електронної апаратури при переході на досконалішу (або принципово іншу) елементну базу; ослаблення взаємного впливу між каналами (тимчасове, просторове і інші види розділення сигналів в каналах ІВС); підвищення перешкодостійкості систем за рахунок переходу каналів зв'язку на складні і шумоподібні сигнали; перехід на нові, нетрадиційні діапазони передачі і обробки сигналів (міліметрові хвилі, оптичні лінії), де рівень перешкод різко зменшується; термостабілізація і термоізоляція (зменшення тепловиділення); зменшення числа контактів застосуванням інтегральної технології; стабілізація джерел живлення і т.д.

2. *Ослаблення дії джерел похибок* в тих місцях системи, де дія їх максимально. Сюди можна віднести застосування просторово-часової обробки сигналів в приймальних частинах ІВС для зменшення впливу перешкод; застосування принципів компенсації, інваріантності і комплексірування вимірювань для зменшення апаратурної погрешності; резервування апаратури і вбудований контроль для підвищення надійності, в тон числі і метрологічної; застосування принципу зворотного зв'язку (ЗЗ) у всій ІВС або її частинах в різних видах (негативної, позитивної, виборчої, невиборчої і т.д.) для зменшення погрешності вимірювань за рахунок зменшення внутрішніх нестабільностей, зменшення лінійних і нелінійних спотворень, придушення деяких видів перешкод і т.д.; термостатировання, екранування і інші види захисту від електричних, магнітних, акустичних і інших полів; тренування апаратури для виявлення відмов і т.д.

3. *Комбіновані методи, що дозволяють усунути одні джерела похибок і ослабити дію деяких інших джерел.*

Одним з основних комбінованих методів дії є перехід від аналогової до цифрової обробки електричних сигналів, при якій усувається погрешність від не лінійності, зменшується вплив нестабільності тракту передачі. Завдяки використуванню інтегральних схем з великим рівнем інтеграції двійкових цифрових елементів з'являється можливість реалізації більш перешкодостійких алгоритмів (адаптивних,

просторово-часової обробки, стохастичних ітераційних і т.д.) обробки і розширюються можливості резервування апаратури за рахунок застосування типових елементів заміни (ТЕЗ).

Проте, разом із застосуванням ряду специфічних для цифрової обробки ефективних алгоритмів, що підвищують точність, з'являються нові джерела погрішностей, наприклад, погрішності від квантування і погрішності алгоритмів. Проте при цьому значно розширяється смуга частот каналів зв'язку в ІВС, що може усилити вплив інших погрішностей, наприклад, від кінцевої швидкості виконання операцій на ЕОМ. Але в більшості випадків аналого-цифрова обробка дозволяє підвищити “узагальнену точність” (exactitude – ET), $ET = 1/\delta_{\Sigma}$ СОЕД і ІВС [1].

Більшість об'єктів і сигналів при вимірюваннях параметрів траєкторій рухомих об'єктів в геоцентричній або геліоцентричній системах координат, сейсмології при локалізації наземних і підземних аномалій, радіолокації, гідрографії і гідроакустиці (ГА), фізичному моделюванні в авіації і космонавтиці (продування моделей в аеродинамічних трубах і т.п.) описується моделями вірогідності. В основі експериментальних досліджень в цих областях частіше за все лежить отримання оцінок характеристик вірогідності випадкових процесів, тобто статистичні вимірювання параметрів сигналів. Якщо інформація про досліджувані процеси обмежена, то виникає необхідність в адаптації (в широкому значенні), оскільки наперед практично неможливо *оптимізувати* структуру системи вимірювання і обробки сигналів, або, інакше кажучи, задати кількість і вид статистичних характеристик.

В інформаційно-вимірювальній техніці в даний час отримали розповсюдження, разом з традиційними, так звані *структурні методи підвищення точності* [2], що використовують зовнішньо-внутрішню адаптацію.

При відомій структурі ТС і заданому алгоритмі обробки сигналів на етапі проектування ІВС, приймаючи як визначальний показник якості погрішність вимірювання деякої характеристики, можна сформулювати вимоги до одного каналу ІВС як до деякого засобу вимірювання (ЗВ), що містить вимірювальний перетворювач (ВП), що проводить процедуру вимірювання і отримання результату вимірювання у вигляді іменованого числа одиниць вимірювання і спеціалізованої ЕОМ (аналогової або циф-

рової), що виконує оптимальну, по вибраному або заданому критерію, обробку вихідних сигналів ІП на фоні перешкод.

Очевидно, що в ІВС, на відміну від систем автоматичного управління (САУ), дійсні значення вхідного сигналу невідомі і, отже, не можуть бути оцінені так швидко, як виробляється “помилка розузгодження”, що є основою для побудови САУ. В ІВС принципово неможливо охопити зворотним зв'язком первинні ВП, що є основними джерелами нестабільності характеристик. Тому при проектуванні ІВС і СОЕД різного рівня, у тому числі і адаптивних, необхідно враховувати наступні основні принципи:

- застосування інформаційних критеріїв ефективності адаптації;
- облік ступеня апріорної невизначеності умов роботи;
- використання статистичних методів вірогідності;
- використання формалізованого опису підсистем ІВС.

Звичайно в таких випадках говорять про задачу статистичного синтезу з повною апріорною інформацією про вхідні сигнали, тобто коли густина вірогідності сигналу і перешкоди відома. Якщо ж густина вірогідності або деякі їх параметри невідома, то прийнято говорити про задачу статистичного синтезу в умовах апріорної невизначеності, причому слід завжди мати на увазі, що за відсутності апріорних відомостей про сигнали і перешкоди рішення задачі синтезу оптимальної системи неможливе у принципі. Проте на практиці завжди є деякі дані, засновані на попередньому досвіді, інтуїції або фізичному трактуванні задачі. З погляду інформатики фізичне трактування задачі і інтуїція відносяться до задач моделювання, ключовими, що є, а задача отримання апріорних даних – до задач формування баз знань по певному розділу науки і техніки, званому далі наочною областю або Problem area (PRAR) [3].

Зрештою можна говорити про розробку інформаційного (ІЗ) і математичного (МЗ) забезпечення системи автоматизованого проектування (САПР) у визначеній PRAR (наприклад, при вимірюваннях параметрів шорсткості в машинобудуванні, хвилястості поверхні в авіабудуванні і т. п.) і принципів адаптації алгоритмів роботи СОЕД і ІВС. Вважаючи, що адаптивна ІВС може пристосовуватися до зміни умов, модифікуючи свою структуру, кращі результати виходять при здійсненні направленої перебору варіантів структур, що спирається

на певні знання, причому більш високоорганізовані системи спираються на велику базу знань.

Перший рівень самоорганізації будь-якої автоматизованої адаптивної СОЕД завжди орієнтований *тільки на конкретну PRAR* (наприклад, експертні системи), а алгоритм роботи системи представлений фіксованими програмами обробки. Саме програма обробки є основним інваріантом однорівневої адаптивної СОЕД, оскільки такі системи пристосовуються до поточних входніх дій і поточного стану своєї бази знань.

Другий рівень самоорганізації АІВС повинен дозволяти змінювати програму основної обробки і деяку частину бази знань, часто звану умовно-постійною інформацією (класифікатори і тезауруси), при зміні умов функціонування. Основними інваріантами дворівневої адаптивної СОЕД є вже значення критерію ефективності, програми оптимізації (наприклад, для ІВС – методи підвищення точності) і фіксовані набори модулів (ІЗ, МЗ і багатофункціональні елементи), з яких можуть збиратися АІВС різної архітектури. До цього типу дворівневих адаптивних СОЕД відноситься більшість сучасних адаптивних СОЕД [4].

В процесі проектування число ефективних ідей убуває приблизно по експоненціальному закону при одночасному не прогнозованому зростанні витрат, причому може виявитися, що за час проектування деяка ідея до моменту закінчення проектування і випробувань застаріє. Тому ідея оптимізації, в даному випадку по критерію “зменшення часу проектування”, очевидна. Проте використання методів оптимізації в “чистому вигляді” для задач проектування СОЕД утруднено через нечітку постановку задачі і майже завжди потрібна розробка специфічного для даної PRAR підходу, наприклад комплексірування вимірювань інформаційних параметрів сигналів.

Класична задача оптимізації полягає в знаходженні екстремального значення деякої функції $f(S_1, S_2, \dots, S_K)$ у визначеній прийнятним чином області, що задається нерівностями вигляду G або $G(S_1, S_2, \dots, S_K) \leq 0$ [3].

Для вирішення цієї задачі застосовується багато методів: лінійне, нелінійне, динамічне, дискретне, опукле квадратичне (або стохастичне) програмування з різними підходами до обліку діючих обмежень (симплекс-метод Данцига; класичні методи варіаційного числення -

рівняння Ейлера-Лагранжа; градієнтні методи - принцип оптимальності Р. Беллмана; принцип максимуму Понтрягіна і інші методи). Вибір підходу залежить від вибору цільової функції і характеру обмежень, що припускає дослідження самої постановки на коректність.

Визначення коректності можна представити у вигляді, де z - рішення кількісної задачі за початковими даними, i є елементи метричних просторів i з відстанями між елементами i , при виконанні двох умов.

Умова I. Задача знаходження $z \in Z$ і називається коректною на парі метричних просторів i , якщо:

- визначено поняття рішення по u , тобто відомо, який результат i в якій формі бажано його отримати;

- є множину $u = \{u_i\}$, $i = \overline{1, N}$ таке, що для всякого $u \in U$ є $z \in Z$;

- $rank(u) = z$, тобто рішення однозначно;

- задача стійка на просторі рішень $z = R(u)$, тобто виконується умова II.

Умова II. Задача знаходження $z = R(u)$ стійка на, якщо для будь-якого числа існує таке, що z витікає де $z_1 = R(u_1); z_2 = R(u_2); u_1 u_2 \in U; z_1 z_2 \in Z$.

Порушення хоча б одного з пунктів цих умов свідчить про некоректність задачі.

Задачі оптимізації більшості СОЕД некоректні майже по всіх пунктах, тому для прикладних задач математиками (А.Н. Колмогоровим, А.Н. Тихоновим, А.А. Самарою, М.І. Лаврентьевим, Г.И. Марчуком і ін.) були розроблені методи глобальної регуляризації слабо коректних і некоректних задач: метод регуляризації А.Н. Тихонова; методи регуляризації задач лінійного програмування на принципі інваріантності оптимальних рішень; методи регуляризації задач дискретного програмування, наприклад, метод "правильних" відсікань (алгоритм Гоморі) і т.д.

Умова регуляризації задач великої розмірності $m * n$, де m - число невідомих при n обмеженнях, типовим зразком яких є задача оптимізації ІВС в будь-кому PRAR, може бути сформульовано як умова застосування *покрокової оптимізації - субоптимізації*, має універсальний характер. *Субоптимізація* є керівним правилом при оптимізації різних

багатоступінчатих ієрархічних структур і тому часто породжує дію аналогічних прийомів: декомпозиції, ієрархічності, модульної і т.д. Наприклад, в адаптивних СОЕД визначальним показником якості є погрішність вимірювання δ , витрати на досягнення якої вступають в суперечність з цінністю, звичайно що зменшується з часом.

Узагальнивши вимоги до вибору показників якості Q АДТС з урахуванням рекомендацій:

– по науковому обґрунтовуванню рішень і методів проектування, при яких вимоги надійності, у тому числі і метрологічної, є обов'язковими;

– про першорядне значення для більшості СОЕД інформаційної цінності;

– беручи до уваги те, що оптимальне рішення обов'язково повинне лежати в області компромісів, приходимо до необхідності уточнення процедури формування показника якості системи.

Очевидно, що по фізичному еству процес формування показника якості базується на принципі порівняння з деяким еталоном, для якого відомі або сформульовані на стадії зовнішнього проектування основні і оптимальні в певному значенні показники $Q_0 = \langle Q_{01}, Q_{02}, \dots, Q_{0N} \rangle$. При оптимізації досягається мінімум відстані $\rho(Q_1 Q_2)$ між кінцями n -мерних векторів показників, визначуваних безліччю показників Q_0 еталонної і Q_1 проектованої системи

$$\text{MIN} \rho(Q_1 Q_2) = \text{MIN} \sqrt{\alpha_1 (Q_1 - Q_{01})^2 + \dots + \alpha_N (Q_N - Q_{0N})^2},$$

де $\alpha_1 \alpha_2 \dots \alpha_N$ - вагові коефіцієнти, вибрані так, що $\sum_{i=1}^n \alpha_i = 1$.

Параметрична чутливість S відстані $\rho(Q_1 Q_2)$ до змін будь-якого $Q_i \in Q = \langle Q_1, Q_2 \dots Q_n \rangle, i = \overline{1, n}$ характеризується співвідношенням

$$S_{Q_i}^{\rho} = \frac{Q_i}{\rho(Q_1 Q_0)} \frac{d\rho(Q_1 Q_0)}{dQ_i} = \alpha_i Q_i (Q_i - Q_0), i = \overline{1, n},$$

з якого виходить умова вибору найістотніших для заданого показника якості параметрів, що забезпечують $S_{Q_i}^{\rho} = \text{MAX}$.

Комплексний показник якості повинен відображати дозвіл головних і принципових для СОЕД компромісів:

– між цінністю V інформації і витратами C на отримання даних (результатів вимірювання, контролю і т.д.) досягши однієї з основних метрологічних характеристик СОЕД - відносної погрішності δ (Рис. 1)

– між витратами E на експлуатацію СОЕД і початковими витратами P при зміні параметрів (наприклад, надійності R) системи (мал. 2). Звідси витікає, що показник якості адаптивної СОЕД повинен бути складовим і комплексним, тобто відображати техніко-економічні (витратні) аспекти всього життєвого циклу системи.

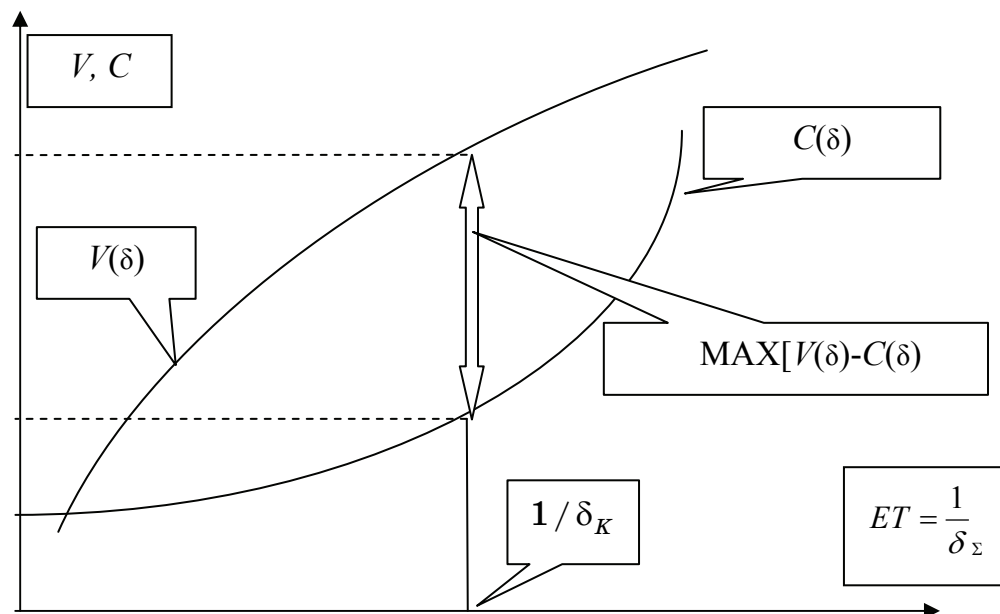


Рис. 1. Перший компроміс між витратами C на отримання даних і цінністю V інформації

Досягнення першого компромісу (рис. 1) припускає досягнення $MAX[V(\delta) - C(\delta)]$, а другого компромісу - досягнення мінімуму сумарних витрат ресурсів $F_{\Sigma} = MIN F_{\Sigma}$ (Рис. 2). Різниця між $R_{\min}$ і R_{opt} видна з побудов, приведених на рис. 2.

Комплексний показник якості СОЕД або ІВС може бути приведений в адитивній фермі при забезпеченні в процесі оптимізації наступних умов

$$Q_1 = \beta_1 F_1 + \beta_2 F_2, \quad MAX F_1 = MAX [V(\delta) - C(\beta)], \quad MAX F_2 = MIN F_{\Sigma},$$

де $\beta_1 + \beta_2 = 1$ – вагові коефіцієнти.

Спільність властивостей даного комплексного показника якості системи відображається єством поняття *цінності V інформації і витрат E на її отримання і обробку*.

Цінність інформації є основним критерієм для СОЕД і включає наступні чинники: погрішність (точність) вимірювання ІВС у складі

СОЕД, давність інформації про стан об'єкту (час отримання результатів і узгодженням їх з параметрами об'єкту), давність інформації для вироблення рішення (управляючої дії), можливість прогнозування (інакше кажучи, можливість проведення адаптації), доцільність і післядія.

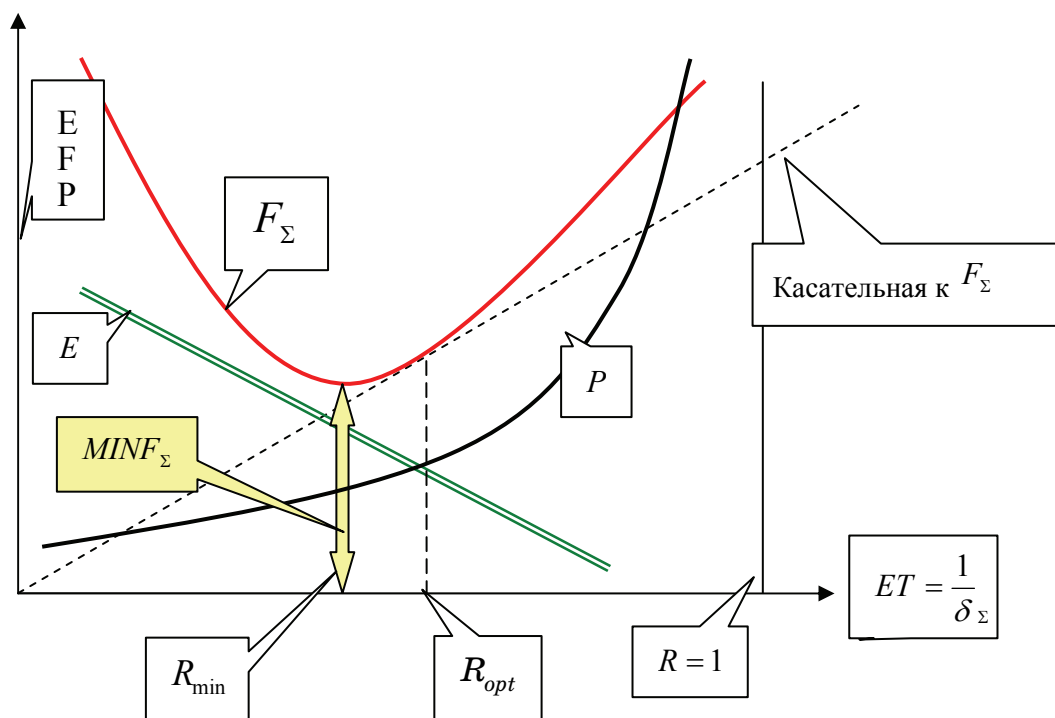


Рис. 2. Другий компроміс $F_{\Sigma} = \min F_{\Sigma}$ сумарних витрат ресурсів

Проектування адаптивних СОЕД третього рівня самоорганізації в більшості випадків зводиться до проектування якоїсь дворівневої адаптивної СОЕД, в якій інваріантами є вже *метакритерії* (критерії більш високого рангу, наприклад, етичні або естетичні). Початковими даними в цих СОЕД є інформація про зовнішню обстановку і можливі внутрішні стани всієї безлічі проєктованих СОЕД нижніх рівнів. До такого роду систем відносяться так звані “інтелектуальні” і деякі інші СОЕД, що спираються в своїй роботі на бази знань, що постійно оновлюються, наприклад, активні (локаційні) і пасивні системи виявлення і класифікації, системи глобального позиціонування (GPS) та інші.

Відомо, що адаптивна СОЕД – це діалогова система, в якій діалог будується на аналізі інформації, отриманої в результаті рішення строго формалізованих задач на основі методів математичного моделювання. Для кожного класу проєктованих систем змістовна сторона процедури опису (формалізації) має свою специфіку і у багатьох випадках,

наприклад в медицині, унікальна. Ця теза дає підстави вважати, що неможливе створення універсальної адаптивної СОЕД, інваріантної до PRAR. Аналогічне положення і з розробкою експертних систем, оскільки доведено, що універсальні методи ефективні в обмежених випадках. Проте основні принципи, встановлені в основу побудови, як експертних систем, так і СОЕД різного призначення, швидше за все, єдині і можуть бути використані при їх проектуванні.

Таким чином, будь-яка адаптивна технічна система повинна безперервно вирішувати оптимізаційні задачі, або, інакше кажучи, вирішувати задачі стохастичної екстраполяції (прогнозу) випадкових процесів. Методи статистичного прогнозу $\xi(t)$ дозволяють оцінювати майбутні значення за наслідками вимірювання минулих і поточних значень заданих характеристик вірогідності. До найточнішим, хоча і достатньо громіздким, способам прогнозування відносяться сучасні методи (в першу чергу імітаційного) моделювання на ЕОМ. Передбачені тим або іншим способом значення інформативних параметрів є початковими даними для $\xi(t)$ вироблення або управляючої дії, або для ухвалення рішення.

В системах автоматичного управління (САУ), наприклад, процес перетворення цих даних в управляючу дію складається з ряду математичних і логічних операцій, виконуваних аналоговими або цифровими процесорами. При цьому однією з найважливіших задач є розробка ефективних алгоритмів функціонування процесора при заданих (або вибраних) параметрах, наприклад, точності, швидкодії і т. д. Тобто завжди треба мати на увазі, що у складі будь-якої системи управління завжди є блок (вузол, пристрій) вимірювання сигналу розузгодження, що має структуру ІВС.

Висновки

Розроблена класифікація адаптації для систем обробки експериментальних даних та інформаційно-вимірювальних систем може дозволити зменшити необґрунтовано завищені вимоги до елементів систем і значно зменшити час і вартість їх розробки, що є перспективним напрямом в розробці адаптивних СОЕД і ІВТ.

Тому в адаптивній СОЕД, в яку інтегрована ІВС (ІВК) найдоцільнішою є *зовнішньо-внутрішня* адаптація, типовим прикладом якої є структурні методи підвищення точності, і, у меншій мірі, *внутрішньо-внутрішня* адаптація.

Література

1. Пономаренко В. К., Мирошниченко В. С. Выбор параметров измерителей числовых характеристик случайных процессов, Известия ВУЗ СССР, разд. Радиоэлектроника, XVI, 1971, 7.
2. Туз Ю. М. Структурні методи підвищення точності вимірювальних пристроїв. – К.: Віща школа, 1976 – 256 с.
3. Зинченко В. П. Показатели качества базового программного обеспечения, методы их измерения и оценки // Интеллектуальные информационно-аналитические системы и комплексы. - К.: НАН України Ін-т кібернетики ім. В.М. Глушкова, Наук. рада по проблемі "Кібернетика", 2000. - С. 142 - 161.
4. Кетков Ю., Кетков А., Шульц М. MATLAB 6.x. Программирование численных методов. - СПб: "БХВ-Петербург", 2004-1080 с.

УДК 621.369.96

І. Р. Пархомей, О. Е. Юшкевич[©]

СТРУКТУРА СИСТЕМИ РАДІОВИМІРЮВАННЯ ІНФОРМАЦІЇ ЛОКАЦІЙНИМИ ЗАСОБАМИ

Анотація: У статті розглядається математична модель, яка описує процес функціонування системи радіобачення з багатопозиційним прийомом інформації в умовах складної сигнально-завадової обстановки, що дозволяє проводити кількісні оцінки ефективності обробки сигналів залежно від структури системи, технічних характеристик окремих її елементів та умов поширення радіохвиль в процесі формування результуючого траєкторного сигналу.

Ключові слова: система радіобачення з багатопозиційним прийомом інформації, синтезована антена решітка, роздільна здатність.

Вступ

Аналіз сучасного науково-методичного апарату формування та обробки радіолокаційної інформації дозволяє стверджувати, що синтез багатовимірних зображень високого розділення і якості в передній зоні огляду бортових засобів локації (БРЛЗ) систем радіобачення (СРБ) є нагальною науково-технічною проблемою.

Вирішення даної проблеми можливе за рахунок використання багатопозиційних радіолокаційних комплексів із синтезованою апертурою (РСА) до яких відносяться СРБ з дистанційним пілотуванням носіїв бортових засобів локації. Структурна схема вище визначеної системи наведена на рис. 1.

Постановка задачі

Метою даної роботи є розгляд структури моделі визначеної СРБ на предмет доцільності її використання при проведенні кількісних оцінок ефективності обробки траєкторних сигналів в залежності від геометрії польоту дистанційно пілотованих літальних апаратів (ДПЛА), технічних характеристик окремих елементів системи, умов поширення радіохвиль в процесі формування радіолокаційної інформації.

Запропонована структура моделі СРБ складається з фізичних елементів, процесів, що відбуваються в них та математичних моделей елементів і процесів (рис.2). Об'єкти містять у собі всі можливі їхні

[©] І. Р. Пархомей, О. Е. Юшкевич

типи при заданому завданні. Залежно від завдання, змінюються можливі об'єкти радіобачення, їх кількість і характеристики. Об'єкти характеризуються фізичними властивостями, тобто типом об'єкта, їх функціональним станом і місцем розташування.

Кожний об'єкт у конкретному функціональному стані й місці розташування представляє один з можливих класів об'єктів, тобто i -й об'єкт з усіх класів ($i = 0, 1, 2, \dots, I$).

Так, той самий об'єкт у тому самому функціональному стані, але розташований в іншому місці, буде класифікований як інший об'єкт (під іншим номером).

Звичайно при радіобаченні класифікація об'єктів містить у собі завдання: виявлення, розпізнавання до типу й функціонального стану, а також визначення місця розташування. Завдання СРБ в цьому випадку полягає у формуванні траєкторного сигналу (синтезованої апертури), у якому укладена інформація про об'єкт, перетворення цього сигналу в зображення об'єкта з одночасною оцінкою його характеристик і класифікації об'єкта, тобто віднесення його до одного з I об'єктів заданої класифікації.

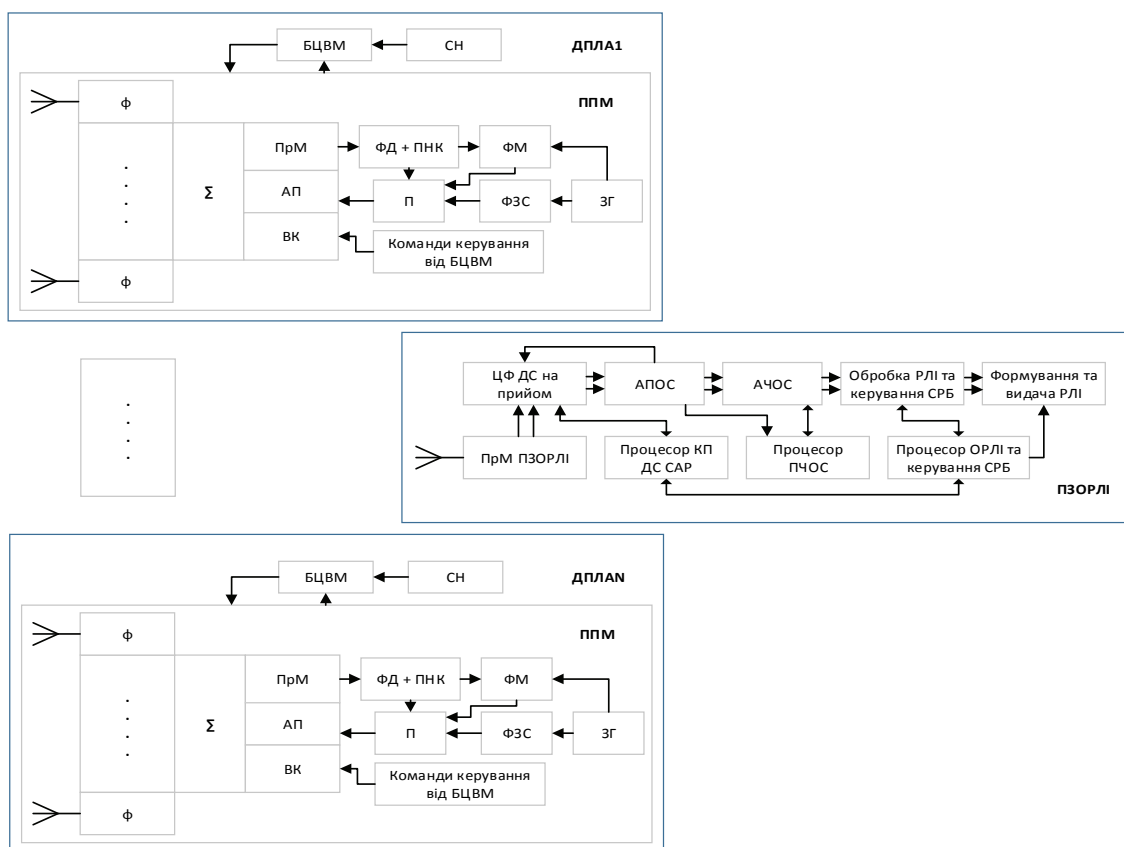


Рис. 1. Структурна схема СРБ з багатопозиційним прийомом РЛІ БРЛЗ групи радіокерованих ДПЛА

де АП – антенний перемикач; ВК – вузол управління; ФД – фазовий детектор; ПНК – перетворювач напруга-код; П – підсилювач; ФМ – фазовий маніпулятор; ФЗС – формувач зонduючого сигналу; ЗГ – задаючий генератор; ЦФ ДС – цифрове формування діаграми спрямованості; АПОС – адаптивна просторова обробка сигналів; АЧОС – адаптивна часова обробка сигналів; ПЧОС – просторово-часова обробка сигналів; КП ДС – керування променем діаграми спрямованості; СН – система навігації; ОРЛІ – обробка радіолокаційної інформації.

Розгляд структури моделі визначеної СРБ

Виходячи з такої логіки розв'язання завдань радіобачення кожний об'єкт у СРБ характеризується своєю функцією відбиття, яка, у свою чергу, є результатом опромінення об'єкта електромагнітним полем зонduючого сигналу (передавача) системи. Простір функцій відбиття $\mathcal{S}_i$, однозначно відповідає простору об'єктів, тобто i -й об'єкт має функцію відбиття $\mathcal{S}_i$, яка відрізняється від функції відбиття j -го об'єкта: $\mathcal{S}_i \neq \mathcal{S}_j$. Функція відбиття $\mathcal{S}_i(\bar{x})$, де $\bar{x} = (x, y, z, t)$, являє собою комплексну функцію, відповідну до локальної матриці розсіювання об'єкта в заданому поляризаційному базисі при всіх інших заданих характеристиках поля опромінення.



Рис. 2. Структура моделі СРБ з багатопозиційним прийомом РЛІ БРЛЗ групи радіокерованих ДПЛА

де ПО – поле опромінювання об'єкта спостереження; ФВ – функція віддзеркалення; СР – середовище розповсюдження електромагнітної хвилі;

ТС – траєкторний сигнал; СПО – система первинної обробки сигналу;

СЗО – сигнал зображення об'єкта; ВР – вихідний сигнал; ВІ – вирішуючий пристрій.

Поле опромінення в результаті розсіювання на об'єкті формує поле віддзеркалення поблизу об'єкта, в якому міститься інформація щодо функції віддзеркалення цього об'єкту.

Надалі будемо вважати, що параметри поля опромінення, поляризація сигналу, кути опромінення об'єкту й приймання відбитої хвилі відомі. У якості характеристики об'єкта в цьому випадку виступає функція відбиття. Часто її називають локальною функцією розсіювання, як залежність зміни в часі амплітуди й фази хвилі, що віддзеркалена від об'єкту, окремими його елементами з координатами (x, y, z) .

Відбите від об'єкта поле поширюється до антен БРЛЗ СРБ в середовищі поширення, яке можна вважати лінійною системою. Поля поблизу антен БРЛЗ у цьому випадку можна описати як результат проходження відбитої хвилі через лінійну систему з імпульсною перехідною характеристикою $h(\bar{x})$. Антени БРЛЗ перебувають на носіях, що рухаються (ДПЛА), отже, є випадкові відхилення від заданої траєкторії (траєкторні нестабільності) і, крім того, існують неоднорідності параметрів середовища поширення. Тому характеристика $h(\bar{x})$ має як регулярну $h_p(\bar{x})$, так і випадкову $h_{\text{вип}}(\bar{x})$ складові:

$$h(\bar{x}) = h_p(\bar{x}) + h_{\text{вип}}(\bar{x}).$$

Прийняте антеною кожної БРЛЗ поле на всій траєкторії її носія РЛС починає процес формування складової траєкторного сигналу, який містить у собі також різного роду завадові сигнали від сторонніх джерел перешкод і внутрішні шуми приймальних трактів радіолокаційних систем: $U_{Ti}(\bar{x}) = s_{Ti}(\bar{x}) + n(\bar{x})$. Звичайно внутрішні шуми є білими, а завади - корельовані в просторі й часі.

В наведеній на рис.1 схемі СРБ із модульним принципом формування діаграми спрямованості (ДС) на прийом, обробка прийнятих сигналів реалізується в наступній послідовності: спочатку проводиться аналогове підсумовування на НВЧ сигналів у кожному з модулів (БРЛЗ системи) синтезованої антенної решітки (САР), потім реалізується звичайна фільтрова обробка прийнятих коливань у кожному модулі (підсилення на НВЧ, перетворення частоти, підсилення на проміжній частоті), після чого за допомогою фазового детектора (ФД) реалізується формування квадратурних складових I і Q сигналів на відеочастоті. Надалі квадратурні складові прийнятих сигналів перетворюються в цифрову форму, надаються до фазового маніпулятора та

після підсилення, ретранслюються до ПЗОРЛІ з метою формування результуючого траєкторного сигналу.

Таким чином, на кожному БРЛЗ реалізується цифрова передача радіолокаційної інформації до переваг якої відносяться: висока точність передачі й відображення інформації, практично недосяжна при сучасній технології в аналогових системах; висока завадостійкість, можливість багаторазової ретрансляції й перезапису інформації; мала питома витрата смуги частот; зручність використання часового розподілу каналів.

Схема цифрового формування ДС на прийом у пункті збору та обробки радіолокаційної інформації (ПЗОРЛІ) (рис. 3) вирішує наступні завдання: прийом й запам'ятовування вхідних сигналів підрешіток (і-х БРЛЗ) в цифровому вигляді у кожному інтервалі часової дискретизації; обчислення й зберігання вагових коефіцієнтів; формування однопromеневої або багатопromеневої ДС шляхом вагової суперпозиції комплексних вхідних сигналів.

Для цифрового формування ДС звичайно використовується спосіб, заснований на введенні зрушень фази в сигнали, прийняті елементами решіток (у цьому випадку підрешітками).

Нехай комплексна амплітуда просторово-часового сигналу на виході m -го елемента лінійної АР (до ПНК) записується у вигляді

$$y_m(t, \theta) = y_m(t) \exp[-j(2\pi / \lambda)md \sin \theta] \quad (1)$$

Якщо необхідно сформувати промінь ДС у напрямку θ_α , то вихідний сигнал решітки визначається наступним чином:

$$Y(t, \theta, \theta_\alpha) = \sum_{m=1}^M Y_m(t, \theta) W_{m\alpha}, \quad (2)$$

$$W_{m\alpha} = \exp[j(2\pi / \lambda)md \sin \theta_\alpha]$$

де $W_{m\alpha}$ – комплексний ваговий множник (множник решітки), розрахований процесором формування ваг (рис. 3), який визначає напрямок максимуму променю ДС.

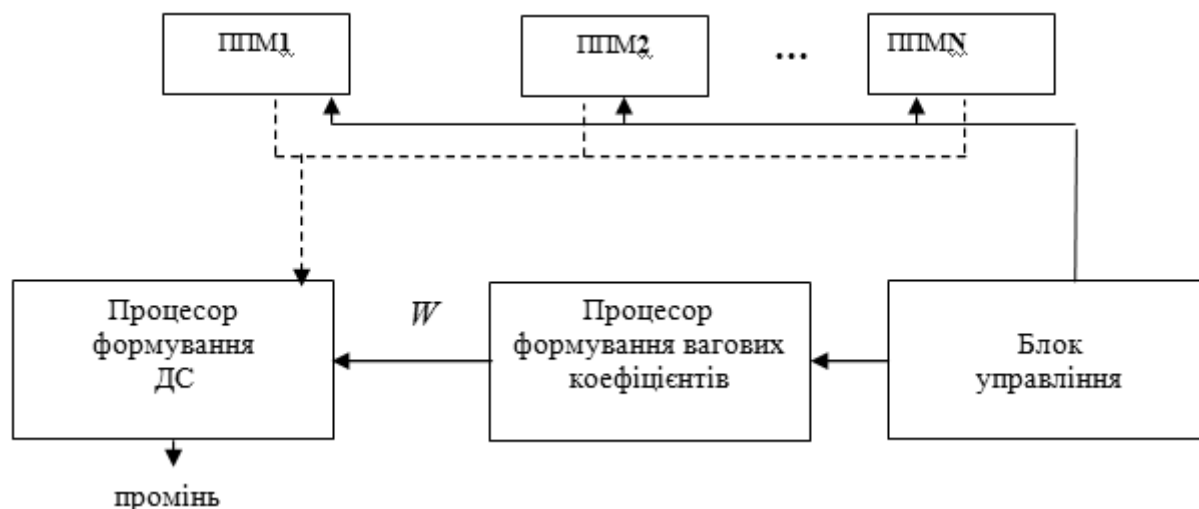


Рис. 3. Процесор формування ДС САР СРБ на прийом

Вираз, аналогічний (2) для двовимірних решіток записується у вигляді

$$Y(t, \theta, \theta_\alpha, \varphi, \varphi_\alpha) = \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N Y_{mn}(t, \theta, \varphi) W_{mn\alpha}, \quad (3,4)$$

$$W_{mn\alpha} = \exp[j(2\pi/\lambda)md_x \sin \theta_\alpha \cos \theta_\alpha] \times \exp[j(2\pi/\lambda)nd_y \sin \theta_\alpha \sin \varphi_\alpha].$$

де $W_{mn\alpha}$ – ваговий множник, обумовлений напрямком максимуму ДС плоскої АР; $\theta_\alpha, \varphi_\alpha$ – кути сканування, відлічувані від нормалі до площини решітки (рис. 4).

Вираз (2) являє собою дискретне перетворення Фур'є від М-мірної вибірки вхідних сигналів. Застосування алгоритмів дискретного перетворення Фур'є (в тому числі алгоритмів БПФ) дозволяє сформувати групу променів, максимальна кількість яких дорівнює числу М елементів лінійних решіток.

Аналогічні результати можуть бути отримані й для двовимірної плоскої АР шляхом двовимірного перетворення Фур'є відповідно до виразів (3) і (4).

Розглянемо безпосередньо задачу цифрового формування ДС у квадратурах, коли вихідні сигнали елементів АР для кожного інтервалу часової дискретизації kt_d надаються у вигляді

$$Y_{mn}(kt_d) = Y_{mn}(k) + jy_{smn}(k), \quad (5)$$

де $y_{smn}[k]$ – косинусна складова вхідного сигналу; $y_{smn}[k]$ – синусна складова вхідного сигналу.

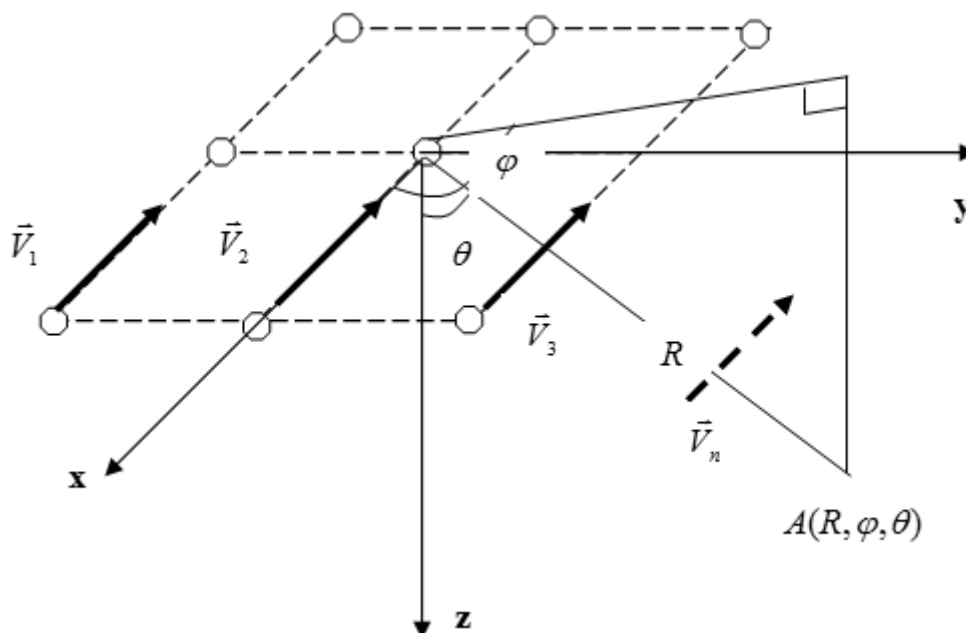


Рис. 4. Ескіз синтезованої прямокутної АР при керуванні польотом групи ДПЛА

Аналогічно комплексні вагові множники, однакові для всіх елементів часової дискретизації в обраному напрямку mn , також надаються у вигляді двох квадратурних складових і перетворюються в цифрову форму, тобто

$$W_{mn} = W_{cmn} + jW_{smn} \quad (6)$$

В процесі цифрової згортки при формуванні ДС для кожної пари (mn) повинна бути отримана результуюча напруга в квадратурах:

$$U_{mn}(k) = Y_{mn}(k)W_{mn}^* = u_{cmn}(k) + ju_{smn}(k), \quad (7)$$

де

$$\begin{aligned} u_{cmn}(k) &= y_{cmn}(k)w_{cmn} + y_{smn}(k)w_{smn}; \\ u_{smn}(k) &= y_{smn}(k)w_{cmn} - y_{cmn}(k)w_{smn}; \end{aligned}$$

а для одержання одного значення сигналу на виході двовимірної решітки:

$$U_{\Sigma}(k) = \sum_{mn} u_{cmn}(k) + j \sum_{mn} u_{smn}(k) \quad (8)$$

Сформований траєкторний сигнал служить основним джерелом інформації для вирішення задачі класифікації об'єктів, тобто виявлення, розпізнавання й визначення місця розташування. Надалі на основі синтезу оптимального класифікатора задача розподіляється на два етапи: первинну обробку – одержання радіолокаційного зображення; вторинну обробку – вирішення завдання класифікації об'єкта за його

зображенням. Такий розподіл обумовлено декількома причинами. Траєкторний сигнал несе в собі велику кількість неінформативних параметрів і первинна обробка усуває цю надлишкову інформацію. Крім того, первинна обробка використовує всю можливу апіорну інформацію, загальну для всіх об'єктів. В результаті вона зберігає достатню статистику для вирішення необхідних завдань класифікації.

Поділ класифікації на два етапи дозволяє на другому етапі використовувати апіорну інформацію про конкретний клас об'єкта й у тому числі унікальні можливості оператора, який може використовувати складну логічно-інтуїтивну апіорну інформацію при аналізі зображення об'єкта. Сучасні експертні (інтелектуальні) системи не можуть замінити повною мірою досвідченого оператора, який завжди буде ухвалювати остаточне рішення. Первинна обробка траєкторного сигналу зводиться до його пропущення через лінійну систему з імпульсною перехідною характеристикою $h_p^*(\bar{x})$, що забезпечує на виході одержання перетвореної функції відбиття і-го об'єкта $\mathcal{G}_{Ci}(\bar{x})$, тобто радіозображення об'єкта. Вторинна обробка забезпечує кореляційну обробку радіозображення $\mathcal{G}_{Ci}(\bar{x})$ з опорними функціями відбиття $\mathcal{G}_j^*$. Максимум кореляції відповідає збігу класів об'єктів зображення й опорної функції $j = i$. Це відповідає рішення, що об'єкт належить до класу i , тому що кожний клас є ізольованою від інших точкою в просторі рішень.

Висновок

1. Визначена структура моделі СРБ з багатопозиційним прийомом РЛІ БРЛЗ групи радіокерованих ДПЛА дозволяє проводити кількісні оцінки ефективності обробки сигналів в залежності від геометрії польоту ДПЛА, технічних характеристик окремих елементів системи, умов поширення радіохвиль в процесі формування радіолокаційної інформації.

2. Запропонована структура визначеної СРБ дозволяє значно спростити апаратну частину БРЛЗ окремої ДПЛА системи.

3. Структура системи дозволяє забезпечити необхідну швидкодію спеціального процесора формування сумарної ДС у СРБ за рахунок реалізації паралельного обчислювального процесу значення сигналу на виході синтезованої антенної решітки у визначені проміжки часу.

Список використаних джерел

1. Кондратенков Г.С. Радиовидение. Радиолокационные системы дистанционного зондирования Земли / Г.С. Кондратенков, А.Ю. Фролов — М.: «Радиотехника», 2005 — 368 с.
2. Радиолокационные станции бокового обзора / А.П. Реутов, Б.А. Михайлов, Г.С. Кондратенков, Б.В. Бойко. — М.: Сов. радио, 1970 — 360 с.
3. Harger R. Synthetic aperture radar system / R. Harger. — New-York, London, Academic Press, 1970 — 240 p.
4. Кондратенков Г. Обработка информации когерентными оптическими системами. / Г. Кондратенков. — М.: Сов. радио, 1972 — 208 с.
5. Радиолокационные станции обзора Земли / Г.С. Кондратенков, В. А. Потехин, А.П. Реутов, Ю.А. Феоктистов. — М.: Радио и связь, 1983 — 272 с.
6. Саблин В. Разведывательно-ударные комплексы и радиолокационные системы наблюдения земной поверхности / В. Саблин. — М.: Радиотехника, 2002 — 181 с.
7. Неронский Л. Б. Микроволновая аппаратура дистанционного зондирования поверхности Земли и атмосферы. Радиолокаторы с синтезированной апертурой антенны : учеб. пособие / Л. Б. Неронский, В. Ф. Михайлов, К. В. Брагин — Санкт-Петербург.: Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, 1999 — 220 с.

УДК 621.865.8

М.Н. Полищук

МЕТОД КОМПЕНСАЦИИ ПОТЕРЬ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ РОБОТОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

Аннотация: Предложен метод компенсации потерь производительности робототехнологических комплексов, основанный на согласовании объемов межоперационных накопителей и цикловой производительности комплекса. Метод позволяет минимизировать объемы незавершенного производства и, тем самым, повысить фондоотдачу производственных площадей и роботизированных комплексов.

Ключевые слова: роботизированные комплексы, автоматизация технологических процессов, гибкие производственные системы

Вступление

Робототехнологические комплексы (РТК) являются составной частью гибких производственных систем (ГПС), которым, в отличие от жестких автоматизированных систем, свойственен дисбаланс операционного времени по отдельным рабочим позициям. Это объясняется необходимостью расширения номенклатуры выпускаемой продукции и различной степенью концентрации технологических операций. Для сглаживания аритмии выпуска продукции используются межоперационные накопители заготовок и полуфабрикатов обрабатываемых изделий. Согласование объема указанных накопителей и цикловой производительности позволяет уменьшить простой оборудования и повысить эффективность его эксплуатации.

Анализ исследований и публикаций

Расчет конструктивных и технологических параметров накопительных устройств РТК, например, таких как гравитационные лотки, бункеры, кассеты и т.п., изложены в работах [1, 2, 3]. Однако указанные методики в каждом конкретном случае определяются конструкцией направляющих, базирующих элементов, типом привода и не позволяют согласовать объемы накопителей с производительностью отдельных позиций автоматизированных комплексов. Поэтому задача сокращения внецикловых потерь их производительности вследствие объективной несинхронности работы технологических позиций является актуальной.

Постановка задачи

Необходимо найти квазиоптимальное соотношение объемов межоперационных накопителей и цикловой производительности РТК, а именно минимизировать дисбаланс операционного времени при условии обеспечения заданной производительности, определяемой лимитирующим по продолжительности операционным временем:

$$\tau = q(t_{\max} - t_{\min}) / \sum_{i=1}^q t_i \Rightarrow \min \quad \text{при } t_{\max} - t_{\min} \succ 0; q \succ n, Q=1/t_{\max}; \quad (1)$$

где: τ – критерий дисбаланса операционного времени; q – количество технологических позиций в РТК; $t_{\max}, t_{\min}, t_i$ – максимальное, минимальное и текущее время выполнения i -той технологической операции, соответственно; n – минимальное количество рабочих позиций, необходимых для реализации технологического процесса в пределах данного РТК; Q – цикловая производительность комплекса.

Структура гибкой производственной системы

На рис. 1 представлена общая структура ГПС, где модули М1, М2, М3, ...МN, выполняют функцию накопления полуфабрикатов в объеме, необходимом для компенсации дисбаланса операционного времени технологического оборудования. Следует заметить, что указанная функция межоперационных накопителей не является единственной. Они также предназначены для компенсации внецикловых потерь производительности оборудования в условиях, так называемых, нештатных ситуаций, например, при отказах в работе того или иного технологического модуля. В этих случаях объем межоперационного накопителя следует определять с учетом времени устранения причин отказа. Однако в данной постановке задачи последнее не учитывается, поскольку решение задачи направлено именно на компенсацию потерь производительности, вызванных дисбалансом операционного времени, что в конечном итоге позволит минимизировать объемы незавершенного производства и, тем самым, повысить фондоотдачу производственных площадей и роботизированных комплексов.

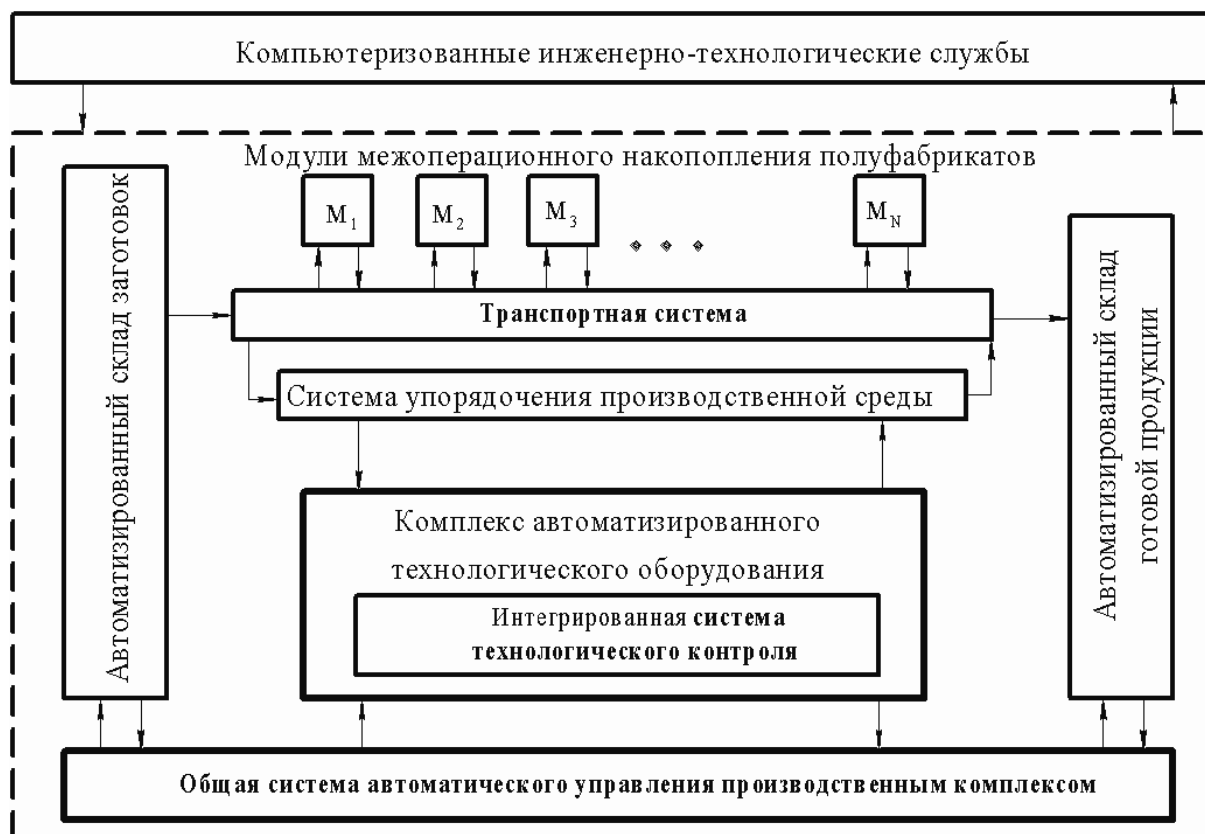


Рис. 1. Типовая структура ГПС

Из приведенной схемы ГПС, очевидно, что максимальный объем $G_{\max}$ каждого из накопителей (при последовательном их расположении согласно технологическому маршруту) будет определяться минимальным значением операционного времени:

$$G_{\max} = E/t_{\min}, \quad (2)$$

где E – максимальная емкость межоперационного накопителя в минутах, т.е. время, необходимое для сглаживания аритмичности работы смежных технологических позиций.

Определив из (1) минимальное значение технологического времени:

$$t_{\min} = t_{\max} - \left(\tau \sum_{i=1}^q t_i \right) / q, \quad (3)$$

и подставивши его в (2), найдем необходимый запас полуфабрикатов в накопителях с учетом коэффициента дисбаланса операционного времени:

$$G = E / \left[t_{\max} - \left(\tau \sum_{i=1}^q t_i \right) / q \right] = qE / \left(qt_{\max} - \tau \sum_{i=1}^q t_i \right), \quad (4)$$

Поскольку цикловая производительность РТК определяется лимитирующей операцией (т.е. максимальной по значению операционного времени):

$$Q = 1/t_{\max} \quad (5)$$

то аналогічно изложенному выше, с учетом выражений (1) и (5), определим значение цикловой производительности РТК с учетом коэффициента дисбаланса операционного времени:

$$Q = q / \left(\tau \sum_{i=1}^q t_i + q t_{\min} \right). \quad (6)$$

Из сравнения зависимостей (4) и (6), очевидно, что при синхронной работе всех технологических модулей (что свойственно средствам автоматизации с жестким циклом, а не ГПС), т.е. когда отсутствует дисбаланс операционного времени, экстремальные значения объема межоперационного накопителя и производительности смежного технологического модуля составят:

$$\text{при } \tau = 0: G = E/t_{\max}; Q = 1/t_{\min}, \quad (7)$$

что доказывает справедливость указанных выражений, поскольку именно при синхронной работе модулей автоматизированного комплекса имеет место минимальный объем межоперационных заделов при максимально возможной цикловой производительности.

Таким образом, при уменьшении дисбаланса операционного времени, когда $\tau \rightarrow 0$, объем полуфабрикатов в накопителях уменьшается (а значит, снижается и объем незавершенного производства), и напротив, производительность РТК стремиться к максимально возможному значению. Записавши выражения (4) и (6) в виде:

$$\tau \sum_{i=1}^q t_i / q = t_{\max} - E/G; \quad \tau \sum_{i=1}^q t_i / q = 1/Q - t_{\min}, \quad (8)$$

после преобразования получим формулу для вычисления согласованного с производительностью объема межоперационного накопителя:

$$G^{onm} = E / (t_{\max} + t_{\min} - 1/Q). \quad (9)$$

Разумеется, что при разработке технологического процесса следует стремиться к минимальному расхождению экстремальных значений операционного времени смежных технологических позиций. Однако, в условиях гибкого производства, характерной чертой которого является отсутствие жесткого ритма работы автоматического комплекса, всегда имеет место дисбаланс операционного времени. Последнее, как отмечено выше, является следствием расширенных технологических возможностей каждого РТК, входящего в ГПС.

Построив графики зависимостей (4) и (6), показанных на рис. 2, в точках их пересечения находим согласованное значение коэффициента дисбаланса операционного времени, которое обеспечивает наилучшее соотношение цикловой производительности технологических модулей и емкости межоперационных накопителей. Предпочтительность такого значения емкости накопителей объясняется тем, что при этом минимизируется объем незавершенного производства, с одной стороны, и достигается максимально допустимая цикловая производительность РТК, образующих автоматизированный комплекс.

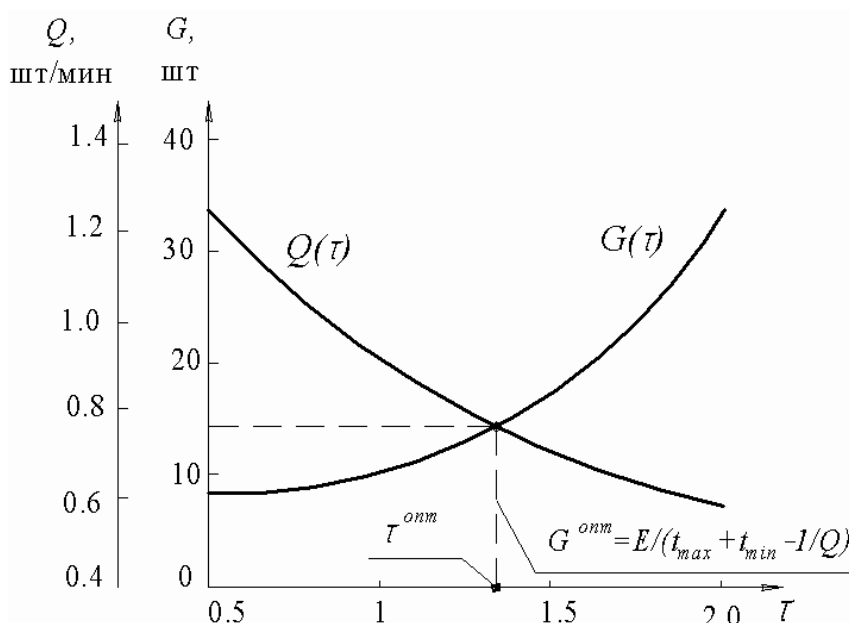


Рис. 2. Зависимости производительности комплекса и емкости накопителей от коэффициента дисбаланса операционного времени:

(при: $q = 50$ ед.; $t_{\min} = 0,5$; $t_{\max} = 1,5$ (мин.); $\sum_{i=1}^q t_i = 30$ мин.)

Проектирование межоперационных накопителей неразрывно связано также и с организацией технологического процесса на роботизированных участках. Так, выбор квазиоптимального соотношения объемов накопителей и производительности РТК необходимо рассматривать относительно двух случаев: 1) при производственной необходимости в увеличении годового выпуска продукции путем повышения производительности оборудования; 2) при отсутствии такой необходимости, когда уменьшение дисбаланса операционного времени дает возможность снизить объем незавершенного производства за счет минимизации емкости транзитных накопителей, а также снизить затраты на энергообеспечение.

Для первого из указанных случаев рекомендуется дифференциация лимитирующих во времени технологических операций на отдельные, одновременно выполняемые технологические переходы, изменение структуры ГПС с разделением на отдельные участки и установкой между ними транзитных накопителей, увеличение идентичного оборудования, несмотря на дополнительные фондовые затраты.

Для второго из указанных случаев целесообразным будет концентрация технологических операций. Это дает возможность уменьшить количество основного оборудования за счет расширения технологических возможностей инструментальной и базовой оснастки. Рекомендуется накопление объектов производства непосредственно в рабочей зоне с целью обработки их партиями (что свойственно ГПС) и применение конвейерных накопителей асинхронного типа с различной скоростью перемещения между технологическими позициями.

Выводы

1. Предложенный метод компенсации потерь производительности РТК, основанный на обеспечении квазиоптимального соотношения цикловой производительности и объема межоперационных накопителей, позволяет уменьшить объем незавершенного производства и, тем самым, повысить фондоотдачу производственных площадей и оборудования.

2. Рассмотренный метод предоставляет возможность сглаживания аритмии технологических циклов РТК, входящих в ГПС, что, в свою очередь, повышает коэффициент технического использования основного производственного оборудования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гнучкі комп'ютеризовані системи: проектування, моделювання і управління: підручник / [авт. кол.: Л.С. Ямпольський, П.П. Мельничук, Б.Б.Самотокін, М.М.Поліщук, М.М. Ткач, К.Б. Остапченко, О.І. Лісовиченко]. — Житомир: ЖДТУ, 2005. — 680 с.

2. Ямпольский Л.С., Полищук М.Н., Оптимизация технологических процессов в гибких производственных системах. — К.: Техника, 1988. — 175 с.

3. Яхимович В.А. Транспортно-загрузочные и сборочные устройства и автоматы. — К.: Техника, 1974. — 144 с.

УДК 004.522

А.Ю. Романенко, В.В. Олійник

УЗАГАЛЬНЕНА МОДЕЛЬ РОЗПІЗНАВАННЯ ГОЛОСОВИХ КОМАНД

Abstract: the principles of control systems' optimal design are given while it is running two main modes: stationary and automatic. The search methods of decisions in accordance with these modes are offered.

Анотація: Представлена модель системи розпізнавання голосових команд спрощує розробку нових практичних реалізацій систем розпізнавання команд, полегшує модифікацію існуючих, спрощує порівняння ефективності різних алгоритмів розпізнавання мови за рахунок модульної будови, де кожен блок виконує важливу функцію з точки зору вищезазначеної задачі розпізнавання.

Ключові слова: розпізнавання мови, голосове управління, модель розпізнавання, виділення ознак, розпізнавання фонем, розпізнавання слова.

Вступ

Системи розпізнавання усної мови мають дуже високий потенціал для практичного застосування і тому стрімко розвиваються в сьогоденні. Згідно із прогнозами агентства Tractica, очікується стрімкий ріст ринку технологій машинного розпізнавання мови від 70млн. доларів у 2016р до понад 500млн. доларів у 2024 році[1]. Переваги цих систем полягають у швидкості та зручності вводу інформації в інформаційну систему з її одночасною інтерпретацією у внутрішнє подання бази знань чи збереженням у більш загальній текстовій формі з можливістю подальшої обробки за допомогою існуючих засобів.

Розпізнавання мови – напрям, який поєднує багато складових, основні з яких: розпізнавання спонтанної мови, неперервної мови, поєднаних слів, ізольованих слів, тощо. А розпізнавання голосових команд – є однією з найважливіших з точки зору практичного застосування підзадачею розпізнавання мови, оскільки є фундаментом для загальної задачі розпізнавання мови та знаходить свій подальший розвиток у задачі розпізнавання неперервного мовлення.

Незважаючи на дуже велику кількість існуючих практичних та теоретичних рішень цієї задачі, досі активно продовжуються пошуки підходів, які б збільшили точність та швидкість розв'язання; зменшили кількість та строгість обмежень, що накладаються на умови задачі [2].

Крім того, існуючі прикладні системи розпізнавання команд мають низку обмежень для застосування (кількість запитів на день, час відповіді, залежність від наявності інтернету тощо), вирішення яких призводить до ще більшого зростання числа подібних підходів, моделей та реалізованих систем. Аналіз та порівняння цих моделей і систем з метою практичного використання та синтезу нових систем вимагають глибоких знань предметної області та суттєво ускладнюються браком інформації про подробиці реалізації прикладних систем, що створює високий поріг входження для інженерів, які займаються проблемами розпізнавання голосових команд.

Метою даної статті є створення узагальненої моделі системи розпізнавання голосових команд, яка мала б модульну структуру та слугувала б перехідною ланкою від абстрактних до спеціалізованих моделей. Таким чином, елементи існуючих прикладних рішень та теоретичних моделей можна буде співвідносити з елементами запропонованої у статті моделі. У результаті такої уніфікації синтез нових та порівняння існуючих практичних рішень і їх елементів значно спроститься, що зменшить поріг входження та прискорить розробку нових систем розпізнавання голосових команд (аналогічно підходу до створення семантично-узгодженого середовища прийняття рішень [6]).

Задача розпізнавання голосових команд

Під задачею розпізнавання голосових команд мається на увазі перетворення звукової хвилі в команду, де командою є одне слово, рідше словосполучення. Звукова хвиля спочатку та вкінці повинна бути обмежена "тишею" - проміжками, коли немає мовлення.

Таким чином, задача перетворення усних команд в текст є задачею розпізнавання образів. При цьому сигнал, що розпізнається, у випадку мови, є розподіленим у часі. Це означає, що у процесі розпізнавання весь час надходить нова інформація, яка може впливати на попередні результати роботи алгоритму.

Класично задача розпізнавання образів розв'язується у 2 етапи:

- 1) Виділити із вхідного сигналу множину репрезентативних ознак.
- 2) Використовуючи виділені ознаки, віднести вхідний сигнал до одного із класів за певним алгоритмом.

Проте у випадку мови було показано, що такий прямий підхід не є ефективним. Це відбувається тому, що слово є комбінацією простіших

одиниць – фонем. Кожна фонема має свій набір характеристик, які можуть змінюватись. Тому важко чи навіть практично неможливо розробити такий набір ознак, які б характеризували слово з урахуванням характеристик всіх його фонем та, відповідно, комбінацій характеристик фонем. Внаслідок цього практично всі успішні системи є ієрархічними: вони розв'язують дві (або більше) задачі розпізнавання.

Передумови створення моделі системи розпізнавання голосових команд

На сьогоднішній день розпізнавання мови - це напрям, який продовжує активно розвиватись. Відповідно, створюються промислові системи на зразок Google Cloud Speech API, які зберігають дані про будову системи розпізнавання мови як промислову таємницю. Є велика кількість наукових публікацій щодо покращення якості (за критеріями точності та швидкості) розв'язку різних підзадач із задачі розпізнавання голосових команд. Також в публікаціях задача розпізнавання мови розглядається в цілому. Існують системи та проекти з відкритим кодом, у яких розв'язок задачі описаний із найменшими подробицями у коді.

Одним із недоліків існуючих моделей систем розпізнавання голосових команд є занадто велика спеціалізація, коли є модель конкретного прикладного оптимізованого рішення з інфраструктурою. У цьому випадку модель системи занадто обтяжена деталями реалізації, що приховують за собою основну модель розпізнавання мови; також при оптимізації кілька компонентів можуть бути злиті в один, що ще більше ускладнює розуміння моделі. Моделі у наукових статтях зазвичай концентруються на одній спеціалізованій задачі, при цьому опускається або приділяється мало уваги тому, як їхнє рішення впливає та може вписатись у вже існуючі системи.

Іншим недоліком моделей є занадто велика абстрактність. Зазвичай такі моделі оперують високорівневими елементами і припускають, що ці елементи вже розв'язують задачі на зразок розпізнавання фонем та розпізнавання слів. Часто вони зустрічаються у підручниках чи загальних статтях про задачу розпізнавання мови. У цьому разі необхідні глибокі знання предметної області, щоб замінити абстрактні елементи системи на конкретні для розв'язку поставленої задачі.

За такого стану речей інженери, які вирішують побудувати власну систему розпізнавання голосових команд стикаються із високим поро-

гом входження. Для початку їм необхідно розглянути велику кількість публікацій, розібратися в математичних моделях, переглянути реалізації існуючих систем, визначити на діаграмах класів ядро системи розпізнавання команд. Також вони мають визначити області застосування та співставити межі задач, які вирішують елементи існуючих систем та моделі і алгоритми описані в публікаціях. На основі проведеного аналізу визначити можливі комбінації цих рішень та відповідно структуру системи, яка вийде у результаті. Для людини без спеціальних знань цей процес є дуже складним, оскільки вимагає прикладення великої кількості зусиль та займає багато часу.

Задачею даної статті є впорядкування існуючих методів та підходів у межах задачі розпізнавання голосових команд у вигляді узагальненої моделі. Створення системи розпізнавання голосових команд на базі цієї моделі проходить швидше, бо не потрібно розбиратися в деталях та особливостях роботи модулів, можна використовувати їх як “чорні ящики”. З іншого боку, полегшується модифікація існуючих систем, створених на базі цієї моделі: кожен елемент має своє місце, відповідно, можна замінити частину системи та дослідити як це впливає на ефективність її роботи.

Модель системи розпізнавання голосових команд

Представлена модель вирішує задачу розпізнавання голосових команд у 2 етапи, кожен з яких є задачею розпізнавання образів: 1 етап - співставлення звукового фрагмента із кількома класами фонем; 2 - етап співставлення класів фонем із словами з словника для визначення слова. Вона має модульну структуру, де кожен модуль вирішує невелику, але вагому підзадачу для задачі розпізнавання голосових команд.

Таке рішення робить модель більш прозорою: вона не обтяжена деталями інфраструктури, а показує лише важливі для розпізнавання голосових команд кроки. Іншою перевагою є достатня деталізація в сенсі того, що кожному модулю системи відповідає певний алгоритм обробки звукової інформації. Це означає, що інженери можуть обрати інтерфейси для передачі даних між блоками, застосувати уже готові алгоритми та отримати робочий прототип системи.

Розроблена модель системи розпізнавання голосових команд зображена на рис. 1. Модель системи складається з блоків:

Зчитування звукової хвилі є першим етапом у роботі системи - це задача тривіальна і вирішена ще у минулому столітті. Сучасні пристрої

для звукозапису дозволяють отримувати цифровий сигнал дуже високої якості, з частотою дискретизації більше 44кГц. Коли для повноцінної передачі мови вистачає смуги частот у 4кГц.

Реалізація: Популярні мови програмування мають бібліотеки, які дозволяють зчитувати звуковий сигнал із файлів та пристроїв звукозапису.

Фільтрація. Сегментація - цей блок призначений для виділення корисного сигналу та подавлення шумів, а також виділенням мови від тиші (сегментації). У випадку розпізнавання неперервної мови цей блок не займається виділенням окремих слів, бо під час мовлення слова можуть бути відсутні паузи між словами.

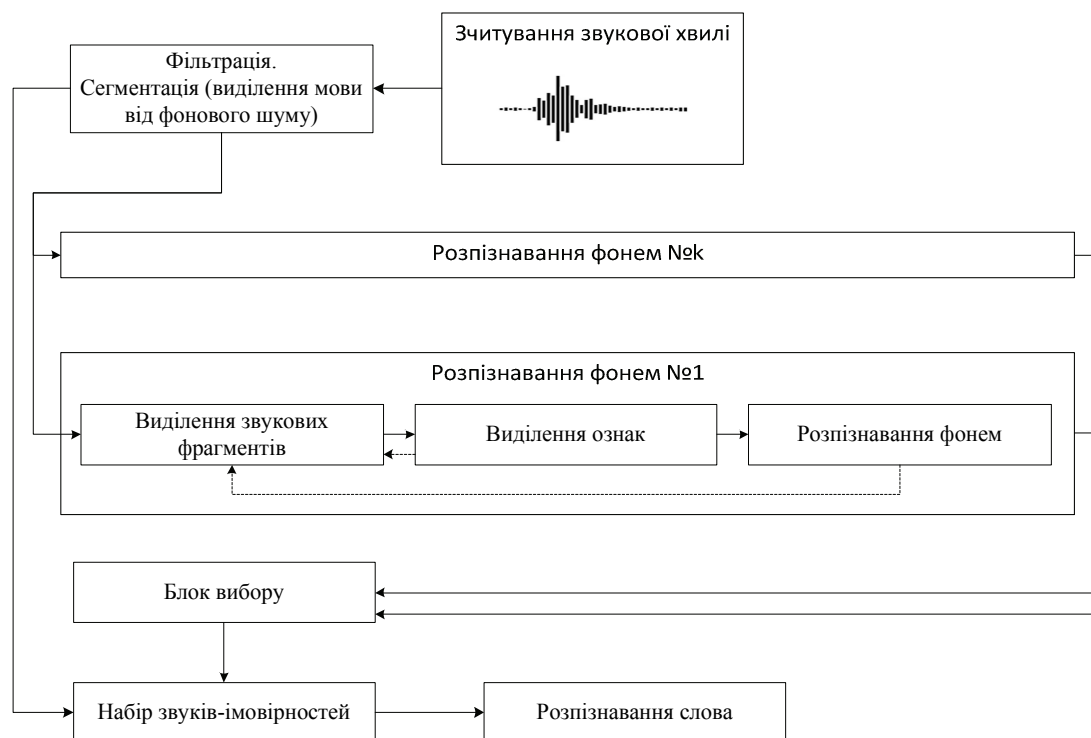


Рис. 1. Модель системи розпізнавання голосових команд

Складність у даному випадку полягає у тому, що важко розробити фільтри та алгоритми сегментації, які б працювали однаково якісно завжди незалежно від умов. Але знаючи природу шумів можна розробити ефективні алгоритми фільтрації та сегментації.

Реалізація: У найпростішому випадку можна використати цифрові фільтри, а для сегментації виділення мови за показником енергії та кількості перетинів нуля (Zero Crossing Rate).

Розпізнавання фонем - на цю підсистему покладено найбільш відповідальну роботу. Вона перетворює звуковий сигнал у послідовність

фонем. Від точності роботи цієї системи залежить об'єм словника та точність розпізнавання в цілому.

Суть задачі полягає в тому, що потрібно перевести сигнал, розтягнутий у часі, у набір статичних ознак, які не залежать від часу (в ідеальному випадку). Одна і та ж фонема може давати різний часовий ряд, залежно від мовця та фонем, що стоять поруч. А значення набору ознак, які представляють ці ряди, повинні бути дуже схожими, у ідеальному випадку - майже однаковими.

На практиці досягнути цього неможливо, бо поряд з вище описаними складнощами, на сигнал кожного разу впливають випадкові шуми з невідомими статистичними характеристиками (зокрема сам голосовий тракт людини може створювати ці шуми).

У найпростішому варіанті результатом роботи цієї підсистеми є пара значень:

$$R = \{z; p\}, \quad (1)$$

де z – фонема із множини допустимих фонем, яка відповідає звуку на вході. Найчастіше множина допустимих фонем складається зі звуків мови, для якої будується система (наприклад, для української мови $Z = \{a, e, i, u, z, l, m, n, dz, d\}$); p – імовірність того, що вхідний сигнал є фонемою z .

У загальному варіанті результатом роботи підсистеми є набір кортежів:

$$R = (\{z_1; p_1\}, \dots, \{z_i; p_i\}, \dots, \{z_k; p_k\}), \quad (2)$$

де k – кількість пар, які співставляють кожному звуковому фрагменту; $i = 1..k$ – номер пари; z_i – фонема із множини допустимих фонем, яка відповідає звуку на вході; p_i – імовірність того, що вхідний сигнал є фонемою z_i .

Для різних звуків окремі алгоритми виділення ознак та розпізнавання мають більшу ефективність, ніж інші. Тому у системі може існувати більше однієї підсистеми розпізнавання фонем.

Реалізація: Підсистема розпізнавання фонем складається із кількох простіших підсистем, які взаємодіють між собою: виділення звукових фрагментів, виділення ознак звукового фрагмента, розпізнавання фонем.

Блок виділення звукових фрагментів відповідає за те, щоб у неперервному потоці виділити окремі звукові фрагменти. Вона повідомляє

про початок нового звукового фрагмента та його кінець підсистемі виділення ознак звуку. Виділити одну морфему від іншої - нетривіальна та складна задача, тому цей блок може додатково використовувати результати роботи блоків виділення ознак та розпізнавання звуків.

Найпростіший та найбільш вживаний варіант рішення цієї задачі - перемножувати вхідний сигнал із віконною функцією фіксованої довжини. При цьому вважається, що у вікно потрапляє не більше, ніж одна фонема. Відповідно до цього обирається довжина вікна (зазвичай 10-20мс вхідного сигналу). Віконна функція при цьому рухається із перекриттям, на кожному кроці відбувається зсув на 10-50% ширини вікна:

$$x(n) = y(n)w(n-t) = y(n)w(n-t-k), \quad (3)$$

де $x(n)$ - звуковий фрагмент, виділений за допомогою віконної функції; $y(n)$ - вхідний звуковий сигнал; $w(n)$ - віконна функція (прямокутне вікно, вікно Хеммінга, тощо); t - поточний зсув вікна; k - величина зсуву; i - номер поточного фрагмента.

Такий підхід має в собі велику надмірність, але він простий у реалізації і дозволяє виділити частину сигналу, що відповідає фонемі із високою точністю.

Блок виділення ознак звукового фрагмента перетворює звуковий фрагмент у набір ознак, які подаються у блок розпізнавання фонем. Основна задача у цьому випадку перетворити виділений звук на вході у вектор чи число, яке описуватиме його як фонему. Виділення репрезентативних ознак є нетривіальною задачею, як наслідок існує багато підходів до її вирішення. Кожен має свої переваги, недоліки та область застосування. Багато методів базується на інтуїтивному припущенні, що ці ознаки повинні враховувати частотну інформацію, яка міститься в сигналі, за аналогією до того, як людське вухо обробляє звук.

Найбільш поширеними методами є виділення ознак за допомогою *віконного перетворення Фур'є, мел-кепстральних частотних коефіцієнтів, банку фільтрів, вейвлет перетворення, коефіцієнтів лінійного передбачення та використання чистого сигналу.*

Блок розпізнавання фонем приймає на вхід ознаки поточного фрагмента звуку та повертає імовірність того, що даний фрагмент є певною фонемою $R = \{z, p\}$ або набір імовірностей фонем $R = (\{z_1, p_1\}, \dots, \{z_k, p_k\})$. Цей блок разом із попереднім є ядром системи розпізнавання команд. Від точності та якості їх роботи залежить точність і якість роботи системи

вцілому. Для розпізнавання частіше за все використовують неklasичні алгоритми розпізнавання образів - алгоритми на основі машинного навчання. Причиною цьому є те, що форма функцій, що відділяють класи є надзвичайно складними. Крім того часто неможливо чітко провести розділяючу поверхню і доводиться враховувати, що один і той самий фрагмент може бути однією або іншою фонемою. Вирішити яка саме це була фонема може блок розпізнавання слова.

Щоб передавати більш точну та повну інформацію до блоку розпізнавання слова, даний блок може повертати не фонему, а алофони – варіант реалізації фонему, зумовлений її оточенням.

Для розпізнавання фонем використовуються *приховані моделі Маркова, нейромережі (згорткові та рекурсивні)* рідше алгоритми *динамічного програмування на зразок DTW*.

Блок вибору розглядає результати роботи підсистем або підсистеми розпізнавання фонем та обирає найбільш імовірні фонему, які відповідають звуковому фрагменту на вході. Для кожного фрагмента це може бути набір із кількох фонем та імовірностей $R = \{z_1:p_1\} \dots \{z_k:p_k\}$, щоб дати блоку розпізнавання слів більше інформації, підвищивши точність розпізнавання.

Реалізація: найбільш простим, але не менш дієвим критерієм для вибору наборів є імовірність. Найпростіша реалізація блоку вибору обирає задану кількість фонем, які мають найбільшу імовірність. Більш досконалим є варіант, коли імовірність ще множиться на коефіцієнт, що залежить від попередніх результатів розпізнавання. Наприклад, якщо попередній звук був приголосним, то імовірності всіх приголосних у цьому фрагменті множаться на 0.9, якщо 2 попередні приголосні – 0.6 і т. д.

Набір звуків-імовірностей даний блок зберігає послідовність розпізнаних фонем $W = (R_1 \dots R_f)$. Важливо, щоб порядок наборів R_j зберігались у тій же послідовності, в якій вони проходять обробку. У подальшому вектор W служить набором ознак для блоку розпізнавання слова. Блок сегментації надає інформацію цьому блоку про те, коли почалось і закінчилось слово. Таким чином, після закінчення слова вектор W подається далі на розпізнавання.

Блок розпізнавання слова виконує останню частину роботи - перетворення масивів фонем та імовірностей у слово. У зв'язку з тим, що підсистема розпізнавання фонем доволі неточна, цей блок повинен ком-

пенсувати похибки її роботи. У загальному випадку залежно від кількості пар фонем-імовірностей, що співставляється з одним фрагментом, може бути різна кількість інформації, яку треба обробити на цьому етапі. Найбільш дієвою допомогою у цьому випадку є використання словника, що дозволяє суттєво зменшити кількість варіантів для перебору. Чим менший розмір словника, тим легше скорегувати похибки роботи попередніх блоків і тим простішими можуть бути алгоритми розпізнавання. З ростом розмірів словника відповідно підвищуються вимоги до точності роботи цього блоку і, як результат, складніші алгоритми повинні бути використані.

У даному блоці застосовуються методи такі як *мінімум відстані, динамічне програмування (найдовша спільна послідовність), приховані моделі Маркова* та алгоритми на основі *скінченних автоматів*.

Висновки

У даній статті описано недоліки існуючих моделей систем розпізнавання мови та голосових команд і запропоновано нову модель, яка позбавлена цих недоліків. Будова запропонованої моделі детально описана, що дає можливість для її застосування при розробці нових систем розпізнавання голосових команд. Завдяки тому, що модель має модульну структуру, зменшується об'єм інженерних робіт, необхідних для перевірки ефективності роботи нових алгоритмів для конкретних блоків. Вказані алгоритми, що можуть використовуватись у блоках в межах запропонованої моделі, що зменшує поріг входження та коло пошуку для інженерів, що починають розробку власної системи. Ефективність та доцільність використання окремих алгоритмів-складових моделі буде описана в наступних роботах.

Список використаних джерел

1. Voice and Speech Recognition Software Licenses to Surpass 550 Million Worldwide by 2024 | Tractica [Електронний ресурс] – Електронні дані. – Режим доступу: <https://www.tractica.com/newsroom/press-releases/voice-and-speech-recognition-software-licenses-to-surpass-550-million-worldwide-by-2024/> – Дата доступу: 12.04.17 – Назва з екрана.
2. Lawrence R. B. Fundamentals of speech recognition / Lawrence Rabiner Bining, Hwang Juang – Upper Saddle River, NJ, USA : Prentice-Hall, Inc., 1993 – 507 с.

3. Распознавание речи от Яндекс. Под капотом у Yandex.SpeechKit [Електронний ресурс] – Електронні дані. – Режим доступу: <https://habrahabr.ru/company/yandex/blog/198556/> – Дата доступу: 12.04.17 – Назва з екрана.

4. EE E6820: Speech & Audio Processing & Recognition [Електронний ресурс] – Електронні дані. – Режим доступу: <https://www.cs.ubc.ca/~murphyk/Software/HMM/E6820-L10-ASR-seq.pdf> – Дата доступу: 12.04.17 – Назва з екрана.

5. Learning Acoustic Frame Labeling For Speech Recognition With Recurrent Neural Networks / Hasjm Sak, Andrew Senior, Kanishka Rao, Ozan Irsoy, Alex Graves, Francisco Beaufays, Johan Schalkwyk // Google – Електронні дані. – Режим доступу: <https://static.googleusercontent.com/media/research.google.com/uk//pubs/archive/43908.pdf> – Дата доступу: 12.04.17 – Назва з екрана.

6. Олейник В.В. Рациональный выбор формализмов семантически-согласованной среды при моделировании компьютерно-интегрированных производственных систем / В.В. Олейник, Л.С. Ямпольский, О.И. Лисовиченко // Адаптивні системи автоматичного управління: міжвід. наук.- тех. збірник. – Дніпропетровськ: ДНВП Системні технології. – 2006. – №9(29). – С. 93-101.

УДК 004.82

Д.С. Сергеев, А.В. Хіміч

ВИЗНАЧЕННЯ КАТЕГОРІЇ «ЗНАННЯ» ТА ЇЇ ВИКОРИСТАННЯ В ІНФОРМАЦІЙНИХ ПРИРОДНО-МОВНИХ ТЕХНОЛОГІЯХ

Анотація: Стаття присвячена особливостям організації структури природно-мовних текстів, проблемам, що виникають на шляху їх обробки та методам вирішення цих проблем. Ключовим елементом дослідження постає природно-мовне повідомлення, якому часто характерні складність структури та сильна зв'язність. Виділення знань з такого повідомлення пропонується здійснювати на основі системи синтаксичних правил та визначення семантичних зв'язків. Також розглядаються питання зіставлення різних баз знань при синтезі та аналізі повідомлення і зовнішнього контексту як необхідної складової при опрацюванні сильно зв'язаного тексту.

Ключові слова: природно-мовний текст, база знань, лінгвістичний процесор, базова семантико-синтаксична структура, квант знань.

Вступ

Дана стаття присвячена проблемі упорядкування природно-мовних (ПМ) знань, тобто зіставлення первинного вигляду представлення знання – природно-мовного тексту – і структурованої інформації, придатної для автоматичного опрацювання.

Сучасні комп'ютерні системи, які мають потужні процесори і здатні обробляти величезні масиви даних, ефективно працюють лише з такою інформацією, структуру якої можливо формалізувати. Людські ж знання у загальному випадку представлені у природно-мовному вигляді, як словесний опис. Звісно, більшість спеціалізованих наукових знань можна описати формулами, алгоритмами, законами тощо, які спираються на конкретні терміни і визначення – але цей вигляд представлення знань є результатом цілеспрямованої роботи спеціалістів, тобто ручної праці.

Основна функція природно-мовних повідомлень – передача повідомлення, сформованого в процесі мислення, з найменшими витратами ресурсів. Як правило, повідомлення складається з багатьох пов'язаних частин – тверджень, фактів тощо; відповідний текст також містить ці частини, але у скороченому вигляді. Цього достатньо для розуміння

повідомлення людиною, але викликає певні складності при його аналізі – адже в одному неперервному реченні, абзаці тощо може міститися багато окремих частин – квантів знань – тісно пов'язаних між собою.

Постановка задачі

В першу чергу необхідно визначити сам об'єкт роботи. Оскільки загальноприйнятого наукового визначення терміну «знання» у ІТ немає – скористаємось тим визначенням, яке використовуємо у власному дослідженні.

Квант знань – відображення ситуації зорового рівня – об'єкт, його дія та їх повне атрибутивне оточення, що потрапляють на центральну ямку ока. У тексті ситуація представлення у вигляді БССС – окремої структури, яка може описати довільну ситуацію [1, 2]. Відповідно, текст – це сукупність квантів знань і зв'язків між ними, стиснені для економії ресурсів на комунікації.

Мета дослідження – виділення знань з тексту, тобто перетворення тексту у структуру пов'язаних квантів знань, якими можемо оперувати як окремими об'єктами. Таким чином, об'єктом дослідження є структура ПМ інформації, а предметом – сутності (кванти знань) у ПМ тексті та зв'язки (відношення) між ними.

Аналіз аналогів

Існує багато систем, які ставлять за мету створення на основі тексту структурованого масиву даних. Умовно можемо розділити їх на два типи: системи автоматичної обробки тексту (системи перевірки орфографії, парсери тощо), та системи збереження знань (такі як семантичні мережі та онтології). Найбільш повно ці можливості представлені у системах аналізу тексту (*text mining* [3]), зокрема елементарні мережі суміжності (*Co-occurrence networks* - *CON* [4]) і їх більш складні модифікації. Особливості, що виділяють їх серед інших систем, це:

- врахування контексту фрагменту тексту – абзацу, тексту (на відміну від парсерів, де кожне речення опрацьовується незалежно);
- отримання в результаті зв'язної структури даних (на відміну від систем перевірки орфографії, де кінцевим результатом обробки тексту є теж текст);
- повністю автоматична обробка тексту (не онтології, що заповнюються вручну або з втручанням оператора).

CON не є ідеальним інструментом для вирішення цієї задачі. Частково це зумовлено самою концепцією *CON*, частково особливостями їх реалізації у реальних системах:

- складність структури, що генерується на основі тексту: вигляд структури сильно залежить від конкретного фрагменту тексту;
- сильно зв'язані дані: з отриманої структури важко виділити окремі незалежні кванти знань;
- складність автоматизації: часто для коректної роботи парсера *CON* використовуються стохастичні методи (які вносять похибки, що накопичуються, на кожному етапі) або втручання оператора (що перекреслює усі переваги повної автоматизації).

Особливості запропонованого підходу

Характерною особливістю існуючих підходів і систем є презумпція первинності тексту – тобто, текст розглядається як окремий, завершений об'єкт, який має завершену структуру даних і містить у собі усю необхідну інформацію для її розуміння. Пропонуємо іншу концепцію. По-перше, стверджуємо, що текст відображає частину дійсності, тобто текст спирається на знання, які автор вважає загальновідомими. По-друге, стверджуємо, що текст складається з окремих квантів знань, пов'язаних через відношення, а не з цільної структури знань. Це дозволяє припускати наявність у тексті пропусків (інформація, яка має бути у читача для повного розуміння тексту), і допускати часткове заповнення структури знань тексту.

Оскільки структура БССС заснована на особливостях нейрофізіології людини, ролі слів у тексті визначаються в першу чергу структурою БССС, а не правилами граматики. Таким чином, алгоритми аналізу апіорі матимуть скінченну складність, а результат — передбачувану форму. Зазначимо, що ці кванти знань не можуть використовуватися самостійно, отже їх необхідно розкрити перш ніж використовувати. Тобто, при декомпозиції необхідно записувати усі можливі варіанти, оскільки текст може мати кілька варіантів тлумачення, і його «основне» розуміння може змінюватись при розширенні накопичених знань – бази знань (БЗ). Для уникнення подібних ситуацій, в даній статті обмежуємо контекст невеликим фрагментом тексту – таким як речення або абзац. Розглянемо загальний алгоритм та приклад роботи запропонованої системи.

Алгоритм виділення знань з тексту

Першими можемо виділити у тексті прості синтаксичні зв'язки *Obj/Subj/Attr* – наприклад, однозначний збіг граматичних форм слів. В отриманій таким чином БЗ вже є достатньо знань для вирішення простих задач, скажімо для визначення деяких *Obj* через характерні для них *Attr* та *Mov* (дії). Зауважимо, що отримана таким чином БЗ нагадує *CON*, але є суттєва відмінність: усі її елементи пов'язані семантично – а отже, отримуємо саме знання і їх можна використовувати.

Основною метрикою такої БЗ є точність, яка має сягати 100%, навіть якщо для цього на початкових етапах доведеться відкинути значну частину знань. Очевидно, точність завжди буде менша через недосконалість правил/неповну БЗ, але таке жорстке обмеження дозволяє ліквідувати штучну похибку у знаннях. Це компенсується збереженням високої точності при наповненні бази; крім того, ті ж самі вихідні тексти можна буде обробляти більш повно після кожного розширення бази граматичних правил та семантичних зв'язків. Розглянемо ці процеси детальніше.

При введенні нових синтаксичних правил необхідно оновлювати всю базу – одночасно або поетапно; при отриманні нових семантичних зв'язків необхідно оновлювати лише ті фрагменти знань, які з ними пов'язані. Оскільки наразі існують досить ефективні системи аналізу (парсингу) текстів, часта зміна бази граматичних правил не передбачається, але таку можливість виключати не можна – а отже, враховувати її необхідно ще на ранніх етапах проектування. Зауважимо, що такий підхід загалом відповідає роботі мозку людини при отриманні нових знань.

Одразу зазначимо також потенціал для автоматичної обробки знань: по-перше, зі збільшенням БЗ тільки за рахунок комбінування існуючих квантів знань можливо виділяти велику кількість нових тверджень, що будуть істинними у рамках цієї бази (тобто, моделюємо виведення нових знань після навчання); по-друге, у отриманій таким чином базі можливо простежити будь-яке твердження від елементарних фактів і до складних ланцюжків пов'язаних знань, а отже – автоматично знайти протиріччя і розбіжності на будь-якому рівні.

Приклад роботи

Розглянемо роботу такої системи на прикладі статей про арифметичні операції з Вікіпедії.

Введемо два тексти: (1) «Додавання — бінарна арифметична операція» та (2) «Віднімання — двомісна математична операція».

Виділимо очевидні *Obj*, *Subj*, *Attr* за збігом граматичних ознак.

Отримуємо:

(1) *Obj* «операція» *Attr* «арифметична», «бінарна»

(2) *Obj* «операція» *Attr* «математична», «двомісна»

Ці вирази є квантами знань, і з ними стає можливо працювати як зі знаннями – наприклад, вибирати усі *Attr* для *Obj* «операція», або визначати, чи існує в БЗ БССС (квант знань, тобто факт), який містить даний *Obj* («операція») та даний *Attr* (наприклад, «бінарний» – так, «унарний» – ні)

Спробуємо розширити базу граматичних правил. Визначимо правило: конструкція «—» еквівалентна дієслову «є». Зазначимо, що це правило може помилково опрацювати інші випадки використання тире «—», і це призведе до неправильних записів у БЗ; водночас, кількість можливих граматичних правил щодо використання тире обмежена, і при їх правильній обробці система буде завжди коректно опрацьовувати правильно побудовані тексти (такі, які не містять граматичних помилок).

Після повторного опрацювання тексту БЗ доповнюється виразами:

(3) *Obj* «додавання» *Mov* «є»

(4) *Obj* «віднімання» *Mov* «є»

Зазначимо, що в такому вигляді ці вирази не мають сенсу, але ми все одно зберігаємо їх в БЗ.

Перевіримо роботу системи при додаванні семантичного правила. Визначимо направлене елементарне відношення « $S1 \in S2$ », де $S1, S2$ – структури БССС. Тепер на основі виразів (1)-(4) можемо заповнити дані про відношення:

(5) [*Obj* «додавання» *Mov* «є»] «є» [*Obj* «операція» *Attr* «арифметична», «бінарна»]

(6) [*Obj* «віднімання» *Mov* «є»] «є» [*Obj* «операція» *Attr* «математична», «двомісна»]

Ці твердження вже можна використовувати не лише як кванти знань (факти), а й як окремі фрагменти знань, або твердження. Скажімо, «чи пов'язаний *Obj* «додавання» з *Obj* «операція» через відношення « $S1 \in S2$ » - або, простіше кажучи, «чи є додавання операцією».

Тим не менш, для повної передачі знань у цьому тексті необхідний і зовнішній контекст. Так, встановлення для галузі знань «математика», до

якої належить текст, синонімії між «двомісна операція» та «бінарна операція» дозволяє визначити спільну другу частину у твердженнях (5),(6). Ця синонімія ніяк не вказана у оригінальних фрагментах тексту, але вона входить до базових понять галузі «математика», і автори оригінальних фрагментів спираються на них як на вже відомі знання [5]. Зауважимо, що для читача, який не знайомий з основами галузі «математика», не буде зрозуміло, що ця синонімія існує, і він не зможе об'єднати «додавання» та «віднімання» як «бінарна/двомісна операція»; а отже, і автоматична система не буде здатна зробити цього за тих самих умов

Висновки

У статті запропоновано підхід до визначення знань у природно-мовних текстах на основі структури БССС, що відображає квант знань – ситуацію зорового рівня. Цей підхід дозволяє вирішити проблему складності структури знань природно-мовного тексту і надає основу для розробки лінгвістичного процесора – набору правил розбору тексту по БССС.

Оскільки кожен квант знань, отриманий за запропонованим алгоритмом, має чітко визначену структуру, отримані знання не є сильно зв'язаними. Таким чином, їх можна безпосередньо використовувати у системах обробки знань – експертних системах, системах комп'ютерної логіки та прийняття рішень.

Для підтримання високої точності роботи системи пропонується встановлювати максимальний рівень точності, що негативно впливає на повноту БЗ. Ця проблема вирішується накопиченням великого обсягу знань і повної бази граматичних правил, але це не є обов'язковим, оскільки алгоритм однаково добре працює на текстах різного обсягу.

Працездатність запропонованого алгоритму і окреслені проблеми показано на прикладі обробки реального тексту. Результати обробки тексту збігаються з теоретичними побудовами.

Список використаних джерел

1. Кисленко, Ю.И. От мысли к знанию (нейрофизиологические основания) / Ю.И. Кисленко.— Київ : Український літопис, 2008.
2. Kyslenko Y. Cognitive architecture of speech activity and modeling thereof / Y. Kyslenko, D. Sergeiev. // Biologically Inspired Cognitive Architectures. – 2015. – №12. – p.134–143.
3. Bretonnel Cohen K. Getting Started in Text Mining / K. Bretonnel Cohen, L. Hunter. // PLoS Comput Biol. – 2008. – №4.

4. Lund K. Producing high-dimensional semantic spaces from lexical co-occurrence / K. Lund, C. Burgess. // Behavior Research Methods, Instruments, & Computers. – 1996. – №28. – p. 203–208.

5. Сергеев Д.С. Оптимізація використання природно-мовних баз знань шляхом тематичної декомпозиції / Д. Сергеев // ЕлІТ-2016 , (Львів-Чинадієво, 27-30.08.2016 р.) – Львів: Львів. нац. ун-т ім. І. Франка, ф-т електроніки, 2016. – С. 25-28.

УДК 681.5

В.Н. Смолий

КОМПЛЕКСИРОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРОННЫХ АППАРАТОВ РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ И УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Аннотация. Сформирован комплекс технических средств для технологического процесса производства блоков электронных аппаратов, позволяющий внедрить новые научно-исследовательские результаты в производство. Предложен критерий качества технологического процесса производства блока электронного аппарата, связывающий надежность выпускаемого изделия с его механическими, техническими и экономическими параметрами.

Ключевые слова: электронный аппарат, комплекс технических средств, технологический процесс производства, статистическая выборка, метод группового учета аргумента, автоматизированное управление, поддержка принятия решения, лицо принимающее решение.

Введение

Исследования, проводимые в отрасли производства электронных аппаратов (ЭА), показали наметившиеся тенденции глобализации взгляда на проблему повышения качества электронных средств, системности в решении проблемы повышения надежности за счет вариации техпроцессов изготовления электронных аппаратов и интеграции производства компьютерной техники по обеспечению связи моделирования с производством. В рассматриваемых системах моделирования электронных аппаратов недостаточное внимание уделяется вопросам анализа надежности электронных аппаратов с учетом влияния вибрационных, механических, компоновочных и прочих факторов. В связи с этим, актуальной является проблема развития теории автоматизации технологического процесса производства электронных аппаратов, связанная с наметившимися тенденциями в ее современном видении [3, 12].

Решить проблему повышения надежности ЭА невозможно без анализа влияния возмущающих факторов, таких, как вибрационные, механические и ударные воздействия на конструкторскую иерархию электронных аппаратов [1, 2]. Причем решение данной проблемы

предполагает выполнение последовательного анализа влияния этих возмущений с внесением корректив по результатам анализа. Целью внедрения вновь полученных результатов в производимый блок электронного аппарата служат, предложенные в работах [6, 7]: критерий компоновки типового элемента замены (ТЭЗ) ЭА, критерий компоновки блока ЭА и критерий качества технологического процесса (ТП) производства блока ЭА.

Основное содержание и результаты работы

Необходимо построить модель технологического процесса производства ЭА, которая будет связывать выходные параметры с вектором управления, в который будут входить надежность, технические и экономические показатели всего процесса производства блока ЭА [4, 10]. Цель оптимизации – наилучшим образом обеспечить выполнение условий надежного функционирования блока ЭА.

Предложенные ранее критерии компоновки блока ЭА и ТЭЗ, как его составляющих, позволяют решить проблему обеспечения оптимальной устойчивости изделия к механическим, вибрационным и ударным воздействиям в детерминированной постановке задачи [5]. На данном этапе необходимо в стохастической постановке задачи обеспечить оптимальность протекания процесса производства с точки зрения повышения надежности ЭА, сокращения периода производства выпускаемого изделия, обеспечения экономического эффекта за счет исключения доводок и отбраковок выпускаемого изделия на последующих стадиях процесса производства из-за недоработок и скрытого брака на предыдущих стадиях процесса производства. Эти критерии позволяют посредством решения типизированных технологических задач (модифицированных разработанными ПТК для моделирования механических нагрузок ЭА и их составляющих) находить наилучшие последовательности выполнения технологических переходов и распределять найденные параметры и структуры на выпускаемое изделие.

Определение оптимального маршрута производства изделия с выделением участков и подразделений, ответственных за выполнение тех или иных параметров или структуры изделия будет рассмотрено в подразделе комплексирования технических средств для ТП производства блоков ЭА [9, 14]. Оптимизация параметров производства изделия возможна посредством выделения и анализа таких составляющих критерия качества тех-

нологического процесса производства блока ЭА, как: надежность выпускаемого изделия, время протекания процесса производства, влияние субъективного фактора на параметры и свойства изготавливаемого изделия (исключение субъективного фактора), экономическая целесообразность внесения модификаций в существующий технологический процесс производства блока ЭА и его составляющих.

На увеличение критерия качества влияет надежность выпускаемого изделия, устойчивость изделия к механическим воздействиям, устойчивость изделия к вибрационным воздействиям, устойчивость изделия к ударным воздействиям [15]. Тенденции понижения величины критерия качества ТП производства блока ЭА обусловлены: повышением стоимости изделия, увеличением затрат труда, понижением скорости протекания ТП, необходимостью дополнительных деталей (крепежа, прокладок и пр.), необходимостью применения «уникальных» амортизаторов или «редких» схем их установки, необходимостью применения нетипичных вариантов формовки выводов ЭРЭ.

В качестве основного критерия качества технологического процесса производства блока ЭА, из-за противоречивости влияния на него составляющих компонентов, выберем аддитивный критерий, имеющий следующий вид

$$F(X) = \sum_{j=1}^r a_j y_j - \sum_{k=r+1}^m a_k y_k, \quad (1)$$

где a_j и a_k – весовые коэффициенты, первые r параметров необходимо увеличивать, а оставшиеся $m - r$ параметров – уменьшать.

Функцию (1) необходимо максимизировать, так как ищем наилучший вариант надежности выпускаемого изделия, при минимуме стоимости и времени протекания модифицированного технологического процесса.

Треть отказов всех электронных аппаратов происходят из-за механических воздействия, поэтому на основании статистических закономерностей представим надежность блока ЭА, как вероятность безотказной работы изделия и в виде комбинации устойчивости изделия к механическим, ударным и вибрационным воздействиям [13]. В этом случае надежность изделия будет величиной определяемой соотношением

$$P = e^{-\sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot t}, \quad (2)$$

где λ_i – интенсивности отказов, обусловленные i фактором, к которым и отнесем отказы электронных аппаратов из-за механических, вибрационных и ударных воздействий.

Критерий качества технологического процесса производства ЭА представим в виде

$$F(x_1, x_2, x_3, x_4) := 0.717x_1 - 0.1x_2 - 0.33x_3 - 0.2x_4. \quad (3)$$

Коэффициент при первом слагаемом (3) определяется (2), а остальные коэффициенты варьируются в зависимости от назначения изделия и объекта, на котором оно будет эксплуатироваться. Вид критерия качества и его предполагаемая величина для различных объектов приведены в табл. 1.

Ограничения, накладываемые на функционал качества, связаны со стоимостью обнаружения и устранения вредного влияния каждого из анализируемых факторов, выполняемых на ограниченном наборе управляющих воздействий на объект. Вид ограничений, накладываемых на функционал управления следующий:

$$0.086 \cdot x_1 + 0.016 \cdot x_2 + 0.04 \cdot x_3 + 0.858 \cdot x_4 \leq 0.286. \quad (4)$$

Так как в ограничениях, накладываемых на функционал критерия качества, к примеру, невозможно суммировать время протекания процесса производства с экономической целесообразностью внесения изменений в существующий ТП производства ЭА, поэтому в (4) входят нормированные величины коэффициентов. Коэффициенты в (4) также «плавающие», что определяется спецификой объектов, на которых установлен ЭА и позволяет осуществлять подстройку ТП под условия эксплуатации изготавливаемого изделия.

В табл. 1 сведены предполагаемые веса каждого из составляющих критерия качества технологического процесса производства блока ЭА для изделий эксплуатируемых на различных объектах [11].

Предложенный критерий качества ТП производства блока ЭА позволил связать надежность выпускаемого изделия с его устойчивостью к механическим, вибрационным и ударным воздействиям, временем протекания процесса производства ЭА, с эффектом уменьшения влияния субъективного фактора, экономической целесообразностью внесения

модификаций в существующий технологический процесс производства блока ЭА и его составляющих [16]. Получены группа ограничений, накладываемых на критерий качества, отражающих специфику объекта, на котором установлен ЭА. Получены сами значения критерия качества для различных объектов установки ЭА, что позволяет осуществлять функцию подстройки под условия эксплуатации и управлять ТП производства блока ЭА на основании четких правил.

Таблица 1

Веса составляющих критерия качества ТП производства блока ЭА

Тип объекта	Составляющие критерия качества технологического процесса				Величина функционала качества
	1	2	3	4	
Бытовой ЭА	0.75	0.7	0.33	0.8	2.5
Стационарный ЭА	0.9	0.1	0.33	0.2	3
Транспортный ЭА	0.717	0.1	0.33	0.2	2.39
Военный ЭА	0.6	0.7	0.9	0.8	2
Авиационный ЭА	0.45	0.7	0.9	0.8	1.5
Космический ЭА	0.15	0.7	0.9	0.8	0.5

Для внедрения новых полученных научно-исследовательских результатов в существующий процесс производства блока электронного аппарата предлагается комплекс технических средств для ТП производства блоков ЭА. Для технологического процесса производства электронного аппарата характерно наличие нескольких блоков, выполняющих различные функции [4]. К таким блокам отнесем: анализ технического задания и генерация вариантов технического предложения, системотехнический, топологический, конструкторский, технологический, опытно-конструкторский, испытательный, производственный. Каждый из выделенных блоков работает со своим набором входных данных и генерирует соответствующие выходные данные. Все это происходит под влиянием управляющих воздействий с оптимизацией целевой функции. В рамках адаптивной системы по критерию компоновки, связывающему параметры ЭА и его составляющих с параметрами техпроцесса его производства.

В работе [5] было предложено комплексирование технических средств, базирующееся на организации процесса решения отдельной задачи в отдельной сети (структура отдела НИИ) с последующим объединением ее в общую сеть. Эта структура является громоздкой и

экономически не эффективной в современных экономических условиях, поэтому применим структуру локальной сети с выходом в глобальную сеть, на которой реализуем функции организации процесса производства, включив сюда решение задачи экспертного рецензирования поступающих извне проектов и комплексную лабораторию механических испытаний. Предполагаемая структура комплекса технических средств приведена на рис. 1.

Разработанные программно-технические комплексы для моделирования механических нагрузок блока ЭА и его составляющих [1, 2] в предлагаемом комплексе технических средств выделены отдельным элементом. Посредством сетевой технологии реализована взаимосвязь разработанных программно-технических комплексов (ПТК), как с АРМами конструктора, технолога и производства, так и с экспериментальной установкой. Такой конфигурацией обеспечена возможность управления процессом производства и пополнения системы недостающей информацией, поступающей из лаборатории механических испытаний.

На рис. 1 компонент АРМ означает, либо одного специалиста, либо группу людей, выполняющих рассматриваемые функции. Автоматизированная складская система (АСС) связана, как с АРМ технолога, так и с АРМ производства, что позволяет обеспечить «гибкость» процесса производства и уменьшить себестоимость изделия без потери надежности.

АРМ производства включен в единую локальную сеть и обуславливает течение технологического процесса, сходное с «естественным», однако в рассматриваемом случае на производственные станки и автоматы идут программы, перестроенные под задачу повышения надежности производимого изделия.

Отдельно выделенный блок - сеть Internet, предполагает выполнение предлагаемым комплексом технических средств функции рецензирования проектов, поступающих с других предприятий или фирм отрасли, и простоту организации и построения распределенной структуры производства, предполагающую и поддерживающую специализацию предприятий и расширяющие имеющееся в наличии у предприятий программно-техническое обеспечение.

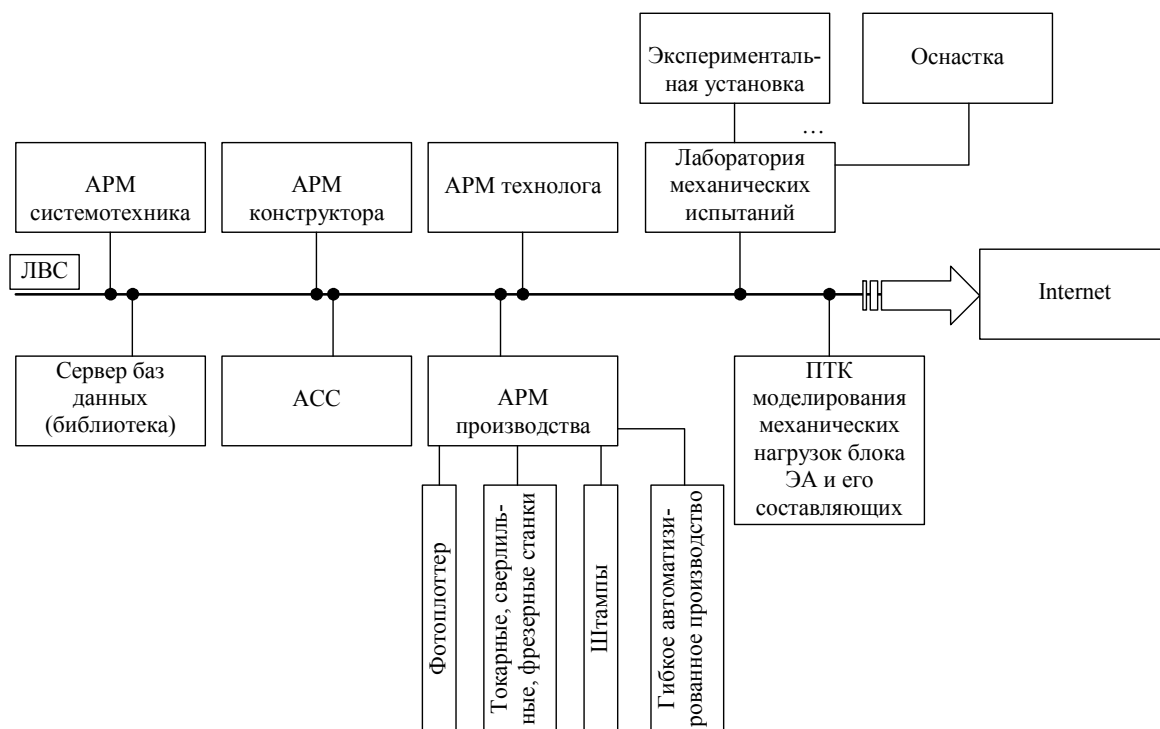


Рис. 1. Структура комплекса технических средств

Непосредственно решение задачи построения математической модели объекта управления – технологического процесса производства электронных аппаратов, включая формирование математического описания, проведение экспериментальных исследований по проверке адекватности и формирование программно-технических комплексов для моделирования механических нагрузок блоков электронных аппаратов и их составляющих приведено в [1]. Здесь проиллюстрирован также механизм идентификации свойства эмерджентности рассматриваемой системы на основании математического аппарата обнаружения и моделирования эффекта резонансного взаимодействия электрорадиоэлементов с печатной платой. Обобщение результатов моделирования и формирование на их основе подсистемы моделирования предлагаемой автоматизированной системы управления производством электронного аппарата проиллюстрировано в [2]. Работы [3] и [4] решают вопросы построения системы управления рассматриваемым технологическим процессом производства и внедрения полученных результатов в учебный процесс при изложении профессионально ориентированных дисциплин. В частности, для решения задачи оптимального управления рассматриваемым технологическим процессом, в работах предлагается внести модификацию в существующий процесс производства.

Подобного рода внедрение влечет за собой необходимость обоснования эффективности предпринимаемых попыток на основании механизмов исследования выгод и издержек, что возможно путем применения метода анализа иерархий [5], [6]. Выгоды и издержки носят экономический и управленческий характер [7]. В частности примером экономических выгод выступает экономия средств за счет исключения отбраковок, экономических издержек – затраты на обучение персонала, управленческих выгод - формализация знаний и опыта экспертов, управленческих издержек - необходимость согласования выдаваемых системой рекомендаций с предполагаемым технологическим процессом производства. Содержание работ [5], [6] и [7] напрямую связано с решением задачи корреляции параметров технологического процесса в единый показатель его качества путем формирования функционала эффективности внедрения модификации в существующий технологический процесс производства на основании метода анализа иерархий.

С целью системного анализа поведения блоков электронных аппаратов следует разработанные математические описания их составляющих, как то: электрорадиоэлементов, печатных плат, типовых элементов замены и др. [1, 2], интегрировать в математическое описание блоков ЭА и построить программно-технический комплекс, реализующий функции математического моделирования механических воздействий, в том числе резонансных, поведения блока электронного аппарата и его составляющих, их резонансного взаимодействия в процессе эксплуатации.

Разработанный программно-технический комплекс содержит два функциональных модуля: модуль "предварительного" исследования уравнения объекта и модуль моделирования механических нагрузок блоков ЭА с (без) системой виброизоляции. Первый модуль выполняет функции введения исходных данных и определения по ним корней уравнения объекта, а второй выполняет целый ряд процедур и функций, на описании которых остановимся более детально.

Процедуры и функции работы с матрицами реализуют программный код для выполнения операций формирования матриц, выделения диагональных элементов матриц, расчет определителей.

Функция преобразования чисел с плавающей запятой с двоичной точностью в строку содержит 84 строки программного кода и её назначением является преобразование используемых в программном

модуле числовых данных в текстовую форму, необходимую для их вывода в виде "заголовков" элементов формы.

Процедуры описания основных компонентов формы и процедуры описания реакции на выбор элементов меню в формах, формы организуют интерфейс пользователя разрабатываемого ПТК.

Процедуры визуализации вспомогательных форм в модальном режиме обеспечивают создание, временное отображение и закрытие вспомогательных форм комплекса, а так же выполнение процедур, связанных с этими формами.

Процедуры реализации диалогового режима предназначены для задания (редактирования) в диалоговом режиме параметров исследуемого блока ЭА, условий его эксплуатации и параметров внешних воздействий.

Процедура задания реакции на нажатие кнопки «Очистить» инициализирует все используемые переменные начальными значениями и обнуляет данные, определяемые вычислениями комплекса.

Процедура реализации расчетных формул амплитудно-частотных характеристик, фазовых углов и собственных частот осуществляют вычисления математического описания исследуемого блока ЭА.

Процедура визуализации результатов осуществляет связь расчетных данных с элементами формы для их отображения.

Основные особенности использования ПТК. Для запуска ПТК моделирования механических нагрузок блоков электронных аппаратов необходимо выбрать из пакета VliVibBlokEA, файлы либо Project1.exe, либо vibro2.exe, после чего происходит запуск основной формы одного из модулей. На рис. 2 приведена основная форма первого модуля с рассчитанными корнями уравнения объекта. Форма содержит основное меню, состоящее из разделов: «Корни», «Собственные частоты», «Асимптоты», «Закрыть». Меню «Корни» позволяет определить корни уравнения объекта. Меню «Собственные частоты» определяет собственные частоты электронного аппарата. Меню «Асимптоты» определяет асимптоты для характеристик ЭА. Меню «Закрыть» завершает программу.

На рис. 3 изображен общий вид окна второго модуля разрабатываемого ПТК. Форма содержит основное меню, состоящее из разделов: «Файл», «Проект», «Сервис» и «Помощь», также в форме содержится область визуализации результатов вычислений амплитудно-частотных характеристик (АЧХ), два элемента для задания частотного диапазона

при исследовании ЭА, указатели выбора проекции амплитуды на оси координат (в математическом описании ЭА рассматриваем как твердое тело с шестью степенями свободы), указатель для визуализации фазовых углов, непосредственно кнопка расчета АЧХ ЭА. Под графиком АЧХ предусмотрена кнопка вызова параметров воздействия, что позволяет анализировать условия эксплуатации исследуемого ЭА (в математическом описании учтено кинематическое и силовое возбуждение колебаний).

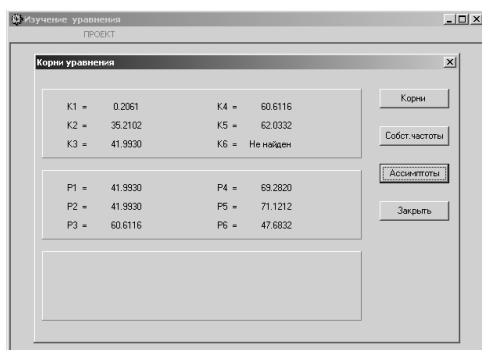


Рис. 2. Основная форма первого модуля

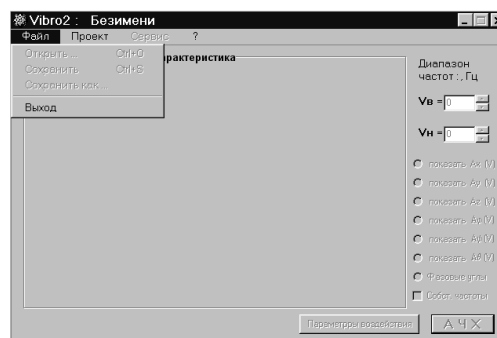


Рис. 3. Общий вид окна второго модуля

Меню «Файл» содержит следующие пункты: «Открыть», «Сохранить», «Сохранить как...», «Выход». Первые пункты меню позволяют сохранить текущий проект или сохранить его под другим именем. По завершению работы с ПТК, пользователь, для выхода в операционную систему может воспользоваться стандартной кнопкой закрытия Windows - приложений или функцией «Выход» меню «Файл».

Меню «Проект» (рис. 4) включает пункты: «Исходные данные», «Силовое воздействие» и «Кинематическое воздействие». При выборе пункта меню «Исходные данные» запускается форма (рис. 5), в которую необходимо внести исходные данные по исследуемому ЭА. К исходным данным отнесены, как параметры самого ЭА, так и параметры системы виброизоляции. Это сделано с целью обеспечения возможности моделирования механических характеристик ЭА, учета влияния условий эксплуатации на эти характеристики и последующего исправления вредного влияния внешних факторов посредством подбора системы виброизоляции в целом и параметров амортизаторов в отдельности. Такой подход позволяет решать задачу анализа объекта на этапе технического предложения процесса производства или проектирования блока ЭА, т.е. на ранних стадиях процесса синтеза

нового изделия, что имеет высокую экономическую эффективность в современных условиях.

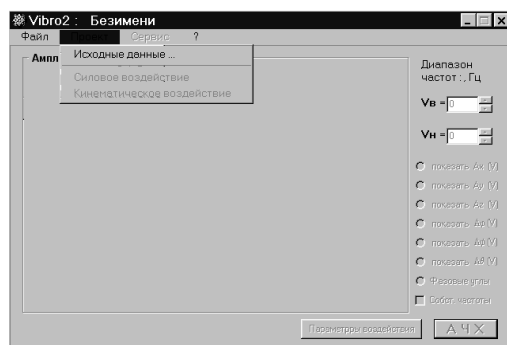


Рис. 4. Внешний вид меню «Проект» разрабатываемого ПТК

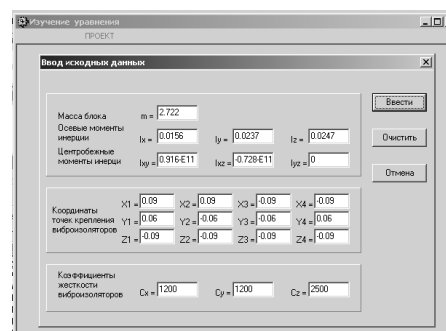


Рис. 5. Окно ввода исходных данных исследуемого объекта

Пункт основного меню «Сервис» содержит вспомогательную информацию по запуску программы предварительного исследования уравнения объекта и определения его характеристик, таких как: корни уравнения, собственные частоты, асимптоты и др.

Меню «Помощь» основной формы содержит справочную информацию по работе с пакетом.

К исходным параметрам блока ЭА отнесены также: координаты точек крепления виброизоляторов и коэффициенты жесткости виброизоляторов. Для учета разнообразия вариантов конструкций блоков ЭА и типов систем виброизоляции, варьирующихся в зависимости от назначения изделия, условий его эксплуатации и пр. объективных факторов, разрабатываемый ПТК предусматривает анализ следующих пяти схем виброизоляции: крепление блока ЭА к основанию и крышке (рис. 6), крепление блока ЭА к основанию (рис. 7), крепление блока ЭА к крышке (рис. 8), крепление блока ЭА к корпусу (рис. 9) и крепление блока ЭА к основанию и корпусу (рис. 10). Приведенные схемы взяты как типовые и могут быть реализованы на заданном числе виброизоляторов, на разных их типах и виброизоляторах с разными параметрами, что учтено в окне задания параметров системы виброизоляции (рис. 11).

Разрабатываемый ПТК для моделирования механических нагрузок блоков ЭА позволяет получить характеристики блока электронного аппарата (с отсутствующим влиянием условий эксплуатации) и его характеристики в определенных условиях эксплуатации, что дает возможность на ранних стадиях производства принять решение о необходимости применения системы виброизоляции и с помощью разработанного

ПТК моделирования механических нагрузок блоков ЭА подобрать вид системы виброизоляции, типы и параметры виброизоляции.

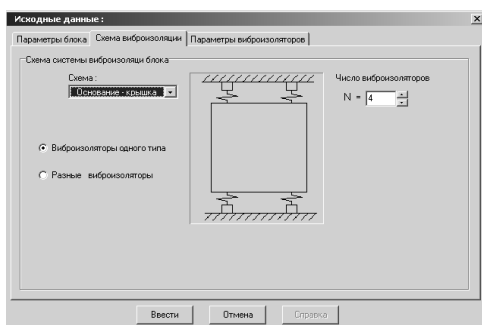


Рис. 6. Схема виброизоляции блока ЭА типа "основание-крышка"

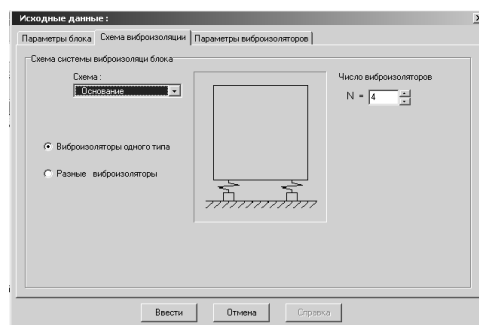


Рис. 7. Схема виброизоляции блока ЭА типа "основание"

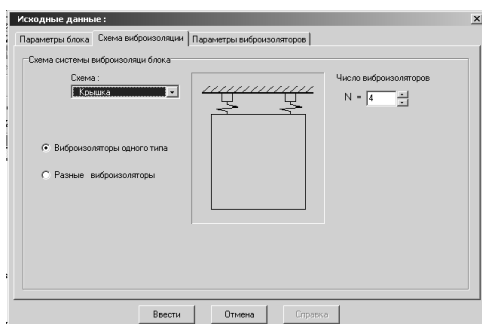


Рис. 8. Схема виброизоляции блока ЭА типа "крышка"

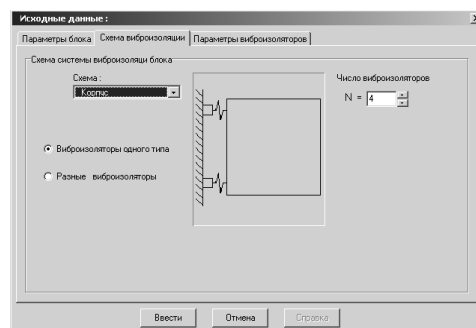


Рис. 9. Схема виброизоляции блока ЭА типа "корпус"

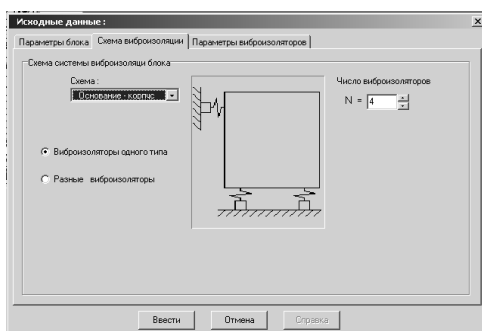


Рис. 10. Схема виброизоляции блока ЭА типа "основание-корпус"

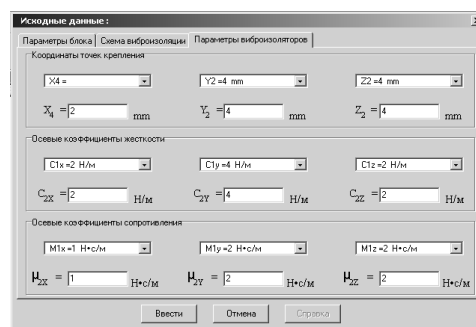


Рис. 11. Окно задания параметров системы виброизоляции

Окно визуализации результатов расчетов характеристик блока ЭА в виде таблицы результатов приведено на рис. 12, а представление результатов расчетов в форме графиков приведено на рис. 13.

У разработанного ПТК имеется возможность (не в основном поле) отображать диапазон частот в котором производятся исследования ЭА, собственные частоты объекта и подсказывать тип отображаемой расчитанной функции.

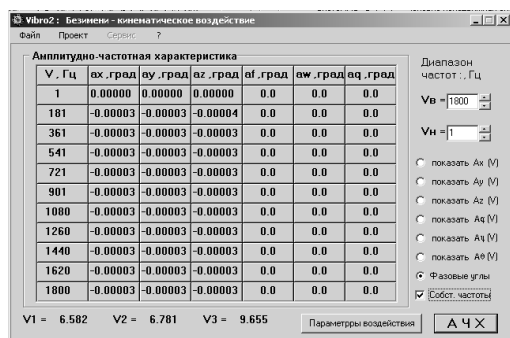


Рис. 12. Визуализации результатов расчетов в виде таблицы результатов

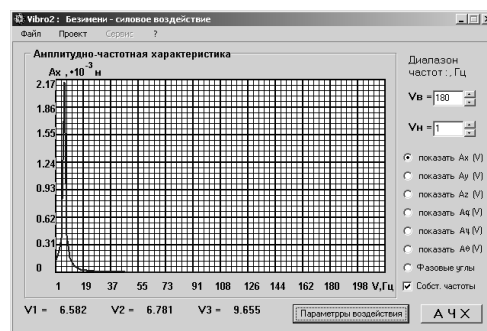


Рис. 13. Представление результатов расчетов в форме графиков

После получения результатов, имеется возможность сохранить их во внешнем файле и вывести на печать. Для реализации этих функций, пользователю необходимо, выйдя в основную оконную форму, вызвать меню «Файл» и выбрать необходимое подменю.

Для того, чтобы использовать разработанный ПТК в технологическом процессе производства электронной аппаратуры, необходимо проверить адекватность получаемых с помощью него результатов. Решение этой задачи связано с созданием экспериментальной установки, имитирующей блок ЭА и условия его работы. Внешний вид экспериментальной установки приведен на рис. 14. В состав экспериментальной установки входят: испытуемый блок ЭА; оснастка; вибростенд (ВЭДС-10 А), включающий блок измерения вибраций, блок генератора синусоидальных колебаний, блок усилителя, блок подмагничивания; измеритель шума и вибраций (ВШВ-003, 3 шт.); частотомер электронносчетный (ЧЗ-32); осциллограф электронносчетный (С1-79); осциллограф пишущий (НО71.1); фотобумага регистрирующая (УФ 87-100 200мм×25м); строботактометр ТСт100; осветитель. Схема проведения экспериментальных исследований приведена на рис. 15.



Рис. 14. Внешний вид экспериментальной установки

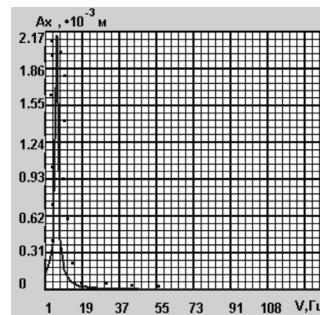


Рис. 15. Результаты моделирования и экспериментальных исследований

Испытуемый блок ЭА в оснастке подвергается вибрационным воздействиям со стороны вибростенда. К испытуемому объекту подключена измерительная ветвь. Здесь посредством преобразования сигналов, снимаемых непосредственно с блока ЭА и с оснастки, возможна визуализация результатов на электронном осциллографе и фиксация последних на пишущем осциллографе. Сравнение этих сигналов позволяет точно вычислять механические характеристики блока ЭА и оснастки. Поддержка постоянным значения амплитуды колебаний оснастки позволяет повысить достоверность получаемых результатов. Осветитель строботактометра позволяет визуально наблюдать наличие резонансных процессов в испытуемом объекте и выяснить вид механических нагрузок, действующих на ЭА и их характер. Каждая серия испытаний, состоящая в последовательной записи процесса колебаний точек блока ЭА при поддержании постоянной амплитуды колебаний оснастки проводилась сначала при увеличении частоты, а затем при ее уменьшении. Каждая серия испытаний была повторена три раза.

На рис 14 приведен вид АЧХ блока ЭА, полученной с помощью разработанного ПТК и с помощью экспериментальных исследований. Произведя статистическую обработку результатов экспериментов, и сравнивая полученное значение дисперсии адекватности с дисперсией воспроизводимости по критерию Фишера, получаем что их отношение меньше табличного значения, что подтверждает адекватность разработанной математической модели блока ЭА.

Выводы

Предложенный критерий качества ТП производства блоков ЭА интегрирует механические, технические и экономические параметры производимого изделия, привязываясь к назначению аппаратуры и условиям эксплуатации, что дает возможность корректировать технологический процесс производства аппаратуры непосредственно по ходу выполнения операций. Рассмотренная структура комплекса технических средств отличается высокой гибкостью и эффективностью в современных экономических условиях, что достигается путем введения испытательных подразделений для сбора недостающей информации о параметрах объекта и разработанных ПТК моделирования, а также позволяет выполнять функции рецензирования проектов, поступающих с других предприятий или фирм отрасли.

Разработаны программно-технические комплексы для моделирования механических нагрузок блоков электронных аппаратов и составляющих решают задачи моделирования электронного аппарата как объекта конструкторской подготовки производства и позволяют генерировать исходную информацию для разрабатываемой системы поддержки принятия решений и анализировать принимаемые решения конструкторской подготовки производства электронных аппаратов.

Разработан программно-технический комплекс для моделирования механических нагрузок электронных аппаратов, реализующий методику блиц-теста собственных частот конструкции блока электронного аппарата, моделирования механических нагрузок с (без) системой виброизоляции, расчета и визуализации параметров электронного аппарата. Комплекс выполняет функции моделирования и подготавливает информацию для реализации функции управления конструкторской подготовкой производства электронных аппаратов.

Предложена структурная схема управления конструкторской подготовкой производства электронных аппаратов, включающая систему поддержки принятия решений, которая учитывает назначение и объект эксплуатации электронного аппарата, обеспечивает эффективность управления путем минимизации потерь времени и финансовых затрат на осуществление конструкторской подготовки производства электронного аппарата.

Разработанный критерий качества управления конструкторской подготовкой производства электронного аппарата (эффективность управления), взаимосвязанный с экспертными оценками и программно-техническими комплексами моделирования, запускает механизмы управления конструкторской подготовкой производства и обеспечивает качество, надежность, резонансную устойчивость и надежность электронного аппарата.

ЛИТЕРАТУРА

1. Смолий В.Н. Системное моделирование электронных аппаратов и компонентов // Адаптивні системи автоматичного управління. Міжвідомчий науково-технічний збірник. – К.:НТУУ «КПІ».,2015.- № 1(26).-С. 128 - 136.

2. Смолий В.Н. Особенности моделирования электронных аппаратов различного назначения и условий эксплуатации // Адаптивні системи автоматичного управління. Міжвідомчий науково-технічний збірник. – К.:НТУУ «КПІ».,2016.- № 1(28).-С. 116 - 128.

3. Ульшин В.А., Смолий В.Н Программно-технический комплекс для моделирования механических нагрузок типовых элементов замены электронных аппаратов // Вісник СХУ ім. В.Даля. - 2005. – №10(92). - С. 220-225.

4. Ульшин В.А., Смолий В.Н. Программно-технический комплекс для моделирования механических нагрузок блоков электронных аппаратов // Праці Луганського відділення Міжнародної Академії інформатизації. - 2006. – №1(12). - С. 45-49.

5. Смолий В.Н. Показатели эффективности управления процесса производства электронных аппаратов// Адаптивні системи автоматичного управління. Міжвідомчий науково-технічний збірник. – К.:НТУУ «КПІ».,2012.- № 20(40).-С. 70 - 77.

6. Смолий В.Н. Нейросетевая технология обучения системы поддержки принятия решений для электронных аппаратов // Българско списание за инженерно проектиране, брой 23, юли 2014г. – С.125 – 135.

7. В.Н. Смолий, А.В. Карпенко Концепция автоматизированной системы обучения для высшего учебного заведения// Проблеми інформаційних технологій. – Херсон.: ХНТУ., 2014. – № 15. - С.70-76.

8. Смолий В.Н. Управление производством сложноорганизованных технологических объектов//Вісник СХУ ім.В.Даля.– 2009. - № 2 (132). Ч.2. – С. 46 - 55.

9. Смолий В.Н. Исследование эффективности управления процесса производства электронных аппаратов // Прогресивні технології і системи машинобудування: Міжнародний зб. наукових праць. – Донецьк: ДонНТУ, 2010.- Вип. 39. – С. 174 - 178.

10. Смолий В.Н. Особенности концепции управления производством электронных аппаратов// Вісник СХУ ім.В.Даля. – 2010. - № 2 (144). - С. 128 - 133.

11. Vitaly Ulshin, Victoria Smoliy. Automated management by designer preparation of production of electronic vehicles/ ТЕКА Ком. Mot. I Energ. Roln. – OL PAN, 2011, 11A, P.276 – 281.

12.12. Ульшин В.А., Смолий В.Н. Функции лица, принимающего решение, при управлении производством электронных аппаратов// Вісник СХУ ім.В.Даля. – 2011. - № 3 (157) - с. 214 - 220.

13. Смолий В.М. Синтез и исследование критерия компоновки типового элемента замены электронного аппарата/ Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія «Інформатика,

кібернетика та обчислювальна техніка» (ІКОТ - 2012). - 2012.- Вип. 15 (203) – стор. 203-208.

14. Смолій В.М., Ульшин В.А., Фомін Я.Г. Mathematical design and operations of electronic vehicles management and introduction of results of researches in an educational process. / ТЕКА. Commission of motorization and energetics in agriculture. –2012, Вип.12, №4, - стор. 285 – 289.

15. Смолій В.М., Ульшин В.А. Принципиальная схема системы поддержки принятия решений конструкторской подготовки производства электронных аппаратов. / Научный журнал. “Вісник” СХУім. В. Даля. — 2012, Вип. №3(174), ч.2. - с. 187-190.

16. Смолій В.М. Подсистемы СППР автоматизированного управления конструкторской подготовкой производства электронных аппаратов в машиностроении / Міжнародний збірник наукових праць. Прогресивні технології і системи машинобудування. – , 2012.- Вип. 43. – С. 272 — 277.

УДК 004.021

О.Р. Стародуб, В.В. Олійник

ГІБРИДНИЙ АЛГОРИТМ НАВЧАННЯ ANFIS – ПОДІБНИХ НЕЙРОМЕРЕЖ В ЗАДАЧАХ УПРАВЛІННЯ

Анотація: З метою спрощення навчання нейро-нечітких мереж на базі ANFIS в задачах управління запропоновано новий гібридний алгоритм навчання. В даному алгоритмі використовуються класичні підходи до побудови нечітких контролерів для встановлення початкових параметрів та ітеративне навчання за допомогою генетичного алгоритму.

Ключові слова: нейронна мережа, ANFIS, нейро-нечіткий контролер, гібридне навчання, ітеративне навчання.

Постановка задачі

Базові нейромережі (такі як перцептрон) успішно використовуються для вирішення завдань управління, де використання класичних підходів до управління ускладнене через ті чи інші причини.

У деяких складних задачах при використанні найпростіших нейромереж виникають проблеми: труднощі з побудовою повної навчальної вибірки, висока ймовірність застрягнути в локальних мінімумах при навчанні, необхідність в наявності великої кількості нейронів (призводить до обчислювальних труднощів при навчанні, перенавчанню) і т. п [5].

З іншого боку, існує підхід до вирішення таких завдань заснований на математичному апараті нечіткої логіки. При використанні даного підходу, найбільша складність полягає в побудові так званих нечітких правил.

Нейро-нечіткі мережі і ANFIS-подібні мережі, зокрема, не мають таких проблем з побудовою навчальної вибірки, проте як і інші нейромережі схильні до проблеми локальних мінімумів при використанні методів зворотного поширення для навчання.

Мета роботи є спрощення використання нейро-нечітких мереж на базі ANFIS в задачах управління, за рахунок застосування нового гібридного алгоритму навчання.

ANFIS мережа

Вперше структура ANFIS (Adaptive-Network-Based Fuzzy Inference System) мережі була запропонована Янгом [1]. Дана мережа, як уже сказано, поєднує в собі нейромережевий підхід (здатності до навчання)

з математичним апаратом нечіткої логіки. Це проявляється в структурі даної мережі: кожен шар мережі має під собою цілком чітко виражену функцію (в порівнянні з базовими мережами, наприклад багатошаровим перцептроном, де функції кожного з шарів точно не відомі).

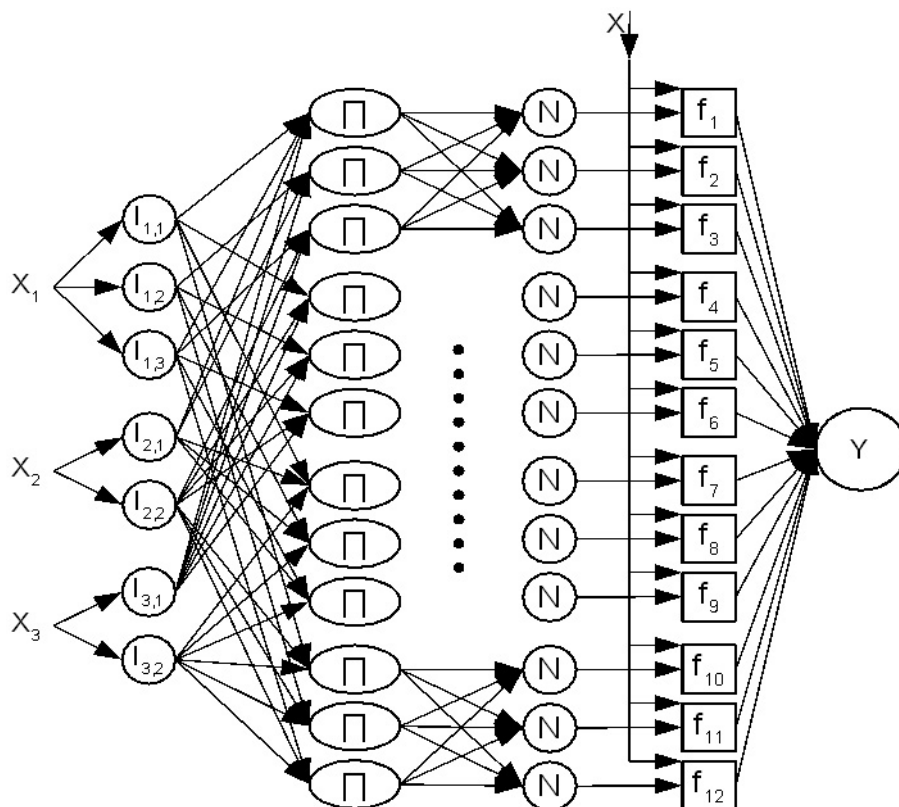


Рис. 1. Структура ANFIS мережі

Архітектура ANFIS мереж являє собою мережу нейронів з п'яти шарів, функції яких, в свою чергу, засновані на системі нечіткого виведення Такагі-Сугено

Розглянемо загальну структуру ANFIS мережі і особливості її навчання в рамках задач управління.

Шар 1: Виконує перетворення вхідного сигналу в нечітку змінну, використовуючи функції приналежності (операція фазифікації).

Найчастіше, в якості функції приналежності використовується дзвоноподібна функція:

$$O_i^{as} = \frac{1}{1 + \frac{(X_i - a_i)^2}{b_i}}, \quad (1)$$

де: X — Вхідний вектор, a_i , b_i — параметри фазифікації.

Шар 2: Відповідає за розрахунок показника істинності правил за допомогою логічної операції (як правило операції "І", що реалізується

операцією множення над входами). На вхід нейронів другого шару подається комбінація виходів з нейронів першого шару.

Шар 3: Виконує нормалізацію значень другого шару. Інакше кажучи, вихід нейрона цього шару видає нормалізоване значення його головного входу відносно усіх інших входів:

$$O_i^{(3)} = \frac{O_i^{(2)}}{\overline{O^{(2)}}}, \quad (2)$$

$$\overline{O^{(2)}} = \sum_i O_i^{(2)}. \quad (3)$$

Шар 4: Виконує розрахунок вихідного значення нечітких правил (за методом виведення Такагі-Сугено):

$$O_i^{(4)} = f_i(X, O_i^{(3)}) = O_i^{(3)}(P_i * X_i + Q_i), \quad (4)$$

де: P , Q — вектори параметрів.

Шар 5: В даному шарі відбувається генерація результуючого висновку, на основі нечітких правил (4-го шару):

$$O_i^{(5)} = \sum_i O_i^{(4)}. \quad (5)$$

Особливості навчання мережі для задач управління

Деякі шари ANFIS можна віднести до статичних, так як їх робота заздалегідь передбачена. Так другий, третій і п'ятий шари нейронів даної мережі не підлягають навчанню (їх вихід не містить параметрів) і виконують допоміжні функції. У підсумку при навчанні, змінюються параметри першого шару (параметри фазифікації a_i та b_i) і параметри п'ятого шару (параметри нечітких правил P_i та Q_i).

При побудові нечітких контролерів для вирішення задач управління, досить часто, виходить сформулювати параметри функції приналежності (параметри першого шару). Дані параметри можна отримати зокрема на основі експертного підходу. Також, досить зрозумілим є результат управління, тоді як спосіб досягнення результату практично завжди є невідомим.

Таким чином, можна говорити про те, що однією з головних задач при побудові нейро-нечітких контролерів на базі ANFIS — є навчання четвертого шару (що відповідає за правила нечіткої логіки). З іншого боку, постає проблема точності параметрів першого шару мережі. Вирішити дану проблему, можливо виконуючи додаткове навчання

нейронів першого шару, після зупинки навчання четвертого шару. Даний процес, варто проводити ітеративно, зупиняючи навчання шару при досягненні деякого порогу зміни похибки $\Delta \varepsilon$ (тобто при відсутності подальшого помітного прогресу навчання).

Також, при навчанні нейромережових структур, зокрема, ANFIS мереж, для роботи в якості системи управління складних систем, стикаються з проблемою великої кількості локальних мінімумів. Дана особливість не гарантує позитивного результату навчання мережі при використанні алгоритмів, заснованих на методі градієнтного спуску. Для навчання таких структур необхідне використання алгоритмів, щоб досліджувать весь простір пошуку рішення. В даному випадку, для налаштування вагових коефіцієнтів пропонується використання генетичного алгоритму, оскільки в умовах невизначеності він має досить високі шанси для досягнення необхідних результатів.

Гібридний алгоритм навчання

Розглянемо математичну модель поставленої задачі. Нехай задана навчальна вибірка:

$$S = \overline{(X, Y)}, \quad (6)$$

де: X_i – вектор вхідних даних, Y_i – бажаний вихід системи.

Для навчання доступні вектори параметрів першого та четвертого шарів мережі: a , b та P , Q відповідно. Необхідно навчити ANFIS-подібну мережу таким чином, щоб помилка навчання була в рамках певного мінімуму:

$$\varepsilon \geq Y - Y^* \quad (7)$$

У якості алгоритму для навчання шарів використаємо гібридний алгоритм. Для формування початкової популяції першої ітерації, будемо підбирати вибірку на базі рівномірного розподілу на проміжку інтервалу допустимих значень. Інтервал допустимих значень слід підбирати на основі розв'язуваної задачі. У якості критерію відбору, будемо використовувати значення відхилення ε .

Зважаючи на особливості навчання мережі, сформульовані у попередньому розділі, сформуємо загальний вигляд гібридного алгоритму навчання ANFIS мережі, для вирішення складних завдань управління:

1. Визначити кількість нечітких змінних для кожної «чіткої» змінної та сформувати структуру ANFIS мережі.

2. На основі інформації про об'єкт управління (наприклад, на основі експертного підходу) визначити базові параметри першого шару мережі.

3. Згенерувати початкові параметри четвертого шару мережі.

4. Згенерувати початкові популяції для навчання.

5. Провести навчання четвертого шару мережі (на основі генетичного алгоритму).

6. При зниженні похибки за ітерацію менше, за $\Delta \varepsilon$ – призупинити навчання четвертого шару та провести навчання першого шару мережі.

7. При зниженні похибки за ітерацію менше, за $\Delta \varepsilon$ – призупинити навчання першого шару та продовжити навчання четвертого шару мережі.

8. Повторювати пункти 5, 6 до досягнення необхідної точності.

Висновки

Запропонований гібридний підхід до навчання нечітких мереж на базі ANFIS дозволить полегшити їх навчання для використання в складних завданнях управління.

Гібридність даного алгоритму полягає у використанні класичних підходів до побудови нечітких контролерів для встановлення початкових параметрів та ітеративному навчанні. Використання експертних оцінок для формування початкових параметрів першого шару дозволяє значно наблизити процес навчання до оптимального результату. Ітеративне використання генетичного алгоритму при навчанні шарів мережі, дозволяє забезпечити досить високий шанс досягнення необхідної точності навчання.

Список використаних джерел

1. Barto A. G. 11 Adaptive Critics and the Basal Ganglia. // Models of information processing in the basal ganglia — 1994 — P. 215

2. Jang J. R. ANFIS: Adaptive-Network-Based Fuzzy Inference System // IEEE Trans. Systems & Cybernetics. — 1993. — Vol. 23. — P. 665-685.

3. Nauck D. Foundations of Neuro-Fuzzy Systems. / Nauck D., Klawonn F., Kruse R. // John Wiley & Sons. — 1997. — P. 305.

4. Олійник В.В. Комплексний підхід до розв'язання задачі вибору засобів упорядкування середовища у гнучких комп'ютерно-інтегрованих системах // Адаптивні системи автоматичного управління:

міжвід. наук.-тех. збірник. — Дніпропетровськ: ДНВП Системні технології. — 2014. — Т.2, №25. — С. 25-32.

5. Полковникова Н. А. Нейросетевые технологии, нечёткая кластеризация и генетические алгоритмы в экспертной системе / Полковникова Н. А., Курейчик В. М. // Известия ЮФУ. Технические науки. — 2014. — №7 — С. 156.

УДК 658.62.018

А.А. Стенин, О.И. Лисовиченко, А.С. Стенин

МЕТОД МНОГОМЕРНОЙ КЛАССИФИКАЦИИ ОБЪЕКТОВ В ЗАДАЧАХ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБРАЗОВ

Аннотация: В данной статье предложен эвристический метод многомерной классификации, представляющий собой объединение результатов одномерных классификаций с учетом значимости признаков.

Ключевые слова: класс объектов, признаки класса, сигмоидная функция, обучающая выборка, многомерная классификация, оператор – классификатор

Введение

Распознавание образов - процесс, при котором на основании многочисленных характеристик (признаков) некоторого объекта определяется одна или несколько наиболее существенных, но недоступных для непосредственного определения, его характеристик, в частности, его принадлежность к определенному классу объектов [1]. Решить задачу распознавания - значит найти на основании косвенных данных правила, по которым каждому набору значений признаков некоторого объекта ставится в соответствие одно из заданного множества возможных решений, определяющих существенные характеристики этого объекта.

Создание устройств, выполняющих функции распознавания различных объектов, в большинстве случаев обеспечивает возможность замены человека специализированным автоматом. Благодаря этому, значительно расширяются возможности сложных систем, выполняющих различные информационные, логические, аналитические задачи. Следует отметить, что качество работ, выполняемых человеком на рабочем месте, зависит от многих факторов (квалификации, опыта, добросовестности и т. д.). В то же время исправный автомат действует однообразно и обеспечивает всегда одинаковое качество. Автоматический контроль сложных систем позволяет вести мониторинг и обеспечивать своевременное обслуживание, идентификацию помех и автоматическое применение соответствующих методов шумоподавления, позволяет повысить качество передачи информации. Также понятно, что использо-

вание автоматических систем в ряде задач может обеспечить невозможное для человека быстрое действие.

Подытожив вышеописанное, отметим основные причины замены человеческого участия в задачах распознавания:

- освобождение человека от однообразных операций для решения других более важных задач;
- повышение качества и скорости принимаемых решений.

Методы распознавания образов актуальны при решении целого ряда практических задач [1,2,3]:

распознавании различного рода символов, в том числе букв и цифр; распознавании слов устной речи; диагностике болезней; диагностике неисправностей машин и отдельных деталей; обработке данных геологической разведки; обработке радиолокационных сигналов; распознавании фраз или слов в тексте, написанном на формальном или естественном языке, и др.

Среди перечисленных выше задач распознавания только две последние имеют с самого начала формальную математическую постановку. Однако и многие из остальных задач допускают формальную постановку. Она базируется на более или менее обоснованных гипотезах о процессах, определяющих зависимость первичных признаков от тех величин или параметров, относительно значений которых необходимо принимать решения. Эти гипотезы могут относиться к свойствам различных подмножеств или к свойствам решающих функций, или к характеру процессов, порождающих наблюдаемые сигналы [2].

Различают четыре типа задач, относящихся к проблеме распознавания образов: задача классификации, задача описания, задача обучения, задача самообучения[3]. В данной статье решается первая из приведенных задач.

Постановка задачи

Пусть мы имеем обучающую выборку $x = \{x_1, x_2, \dots, x_S\}$, состоящую из S объектов, характеризующихся N признаками x_{qi} , где q - номер объекта обучающей выборки, i - номер признака. Каждому объекту обучающей выборки сопоставлен номер класса y_q , $\forall y^q \in \{K_0, K_1\}$, где K_0 и K_1 - условные обозначения разных классов объектов. Условимся, что проверяемый объект принадлежит к классу K_0 , если значение оцениваемого параметра к моменту времени классификации будет больше

некоторого граничного значения. В противном случае экземпляр принадлежит к классу K1.

В общем случае, объекты характеризуются достаточно большим количеством признаков, имеющих разную (как правило, относительно небольшую) информативность. Признаки зачастую связаны с прогнозируемым номером класса объекта нелинейными связями, что не позволяет в большинстве случаев построить линейную модель для классификации по одному признаку, удовлетворяющую заданным требованиям достоверности распознавания. Поэтому метод классификации должен быть многомерным (учитывать все признаки) и должен учитывать информативность (значимость) признаков.

Наиболее простым способом реализации многомерной классификации, очевидно, будет объединение результатов одномерных классификаций с учетом значимости признаков. В качестве такого метода классификации предлагается эвристический метод.

Решение задачи

Если $\psi(x_i)$ – результат одномерной классификации по i -му признаку, то y – номер класса объекта можно представить как округленную взвешенную сумму:

$$y = \text{round} \left(\sum_{i=1}^N \alpha_i \psi(x_i) \right), \quad (1)$$

где α_i – коэффициент, учитывающий значимость результата одномерной классификации по i -му признаку (доля i -го признака в формировании значения y).

Если значение α_i известно, то задача сводится к разработке правила одномерной классификации для i -го признака относительно порога классификации θ_i . Это правило должно быть нелинейным, а также должно учитывать степень близости экземпляров к центрам классов. В качестве такого правила предлагается использовать сигмоидную функцию [4]:

$$\psi(x_i) = \frac{1}{1 + e^{(x_i - \theta_i)}},$$

которая будет тем ближе к 1, чем ближе объект к центру класса K1, и наоборот, тем ближе к 0, чем ближе объект к центру класса K0. Это пра-

вило предполагає, що центр класу K_0 знаходиться лівіше центра класу K_1 , що на практиці відбувається далеко не завжди, тому введемо в правило одномерної класифікації параметр β_i , який враховує найбільш ймовірне розміщення центрів класів відносно порога θ_i :

$$\psi(x_i) = \frac{1}{1 + e^{\beta_i(x_i - \theta_i)}}. \quad (2)$$

Підставив (2) в вираз (1), отримаємо правило класифікації:

$$y = \text{round}\left(\sum_{i=1}^N \alpha_i \frac{1}{1 + e^{\beta_i(x_i - \theta_i)}}\right). \quad (3)$$

Визначити α_i як ступінь впливу i -го признаку на номер класу об'єкта можна, використовуючи коефіцієнти кореляції кожного i -го признаку і номера класу об'єкта:

$$r_{x_i y} = \frac{\sum_{q=1}^S (x_i^q - M_{x_i})(y^q - M_y)}{\sqrt{\sum_{q=1}^S (x_i^q - M_{x_i})^2 \sum_{q=1}^S (y^q - M_y)^2}}. \quad (4)$$

Здесь M_{x_i} - математическое ожидание i -го признака x_i , определяемое по формуле

$$M_{x_i} = \frac{1}{S} \sum_{q=1}^S x_i^q. \quad (5)$$

а M_y - математическое ожидание номера класса, определяемое как:

$$M_y = \frac{1}{S} \sum_{q=1}^S y^q, \quad (6)$$

где S – количество объектов обучающей выборки, x_i^q – значение i -го признака q -го объекта обучающей выборки.

Отсюда коэффициенты α_i можно определить по формуле:

$$\alpha_i = \frac{|r_{x_i y}|}{\sum_{j=1}^N |r_{x_j y}|}, \quad i = 1, 2, \dots, N, \quad (7)$$

где j – номер текущего признака.

Вычислить коэффициент β_i , учитывающий наиболее вероятное размещение полюсов (центров сосредоточения объектов) классов при одномерной классификации по i -му признаку можно через сигнатуру принадлежности к одному из классов:

$$\beta_i = \text{sign}\left(M_{x_i}^{K_1} - M_{x_i}^{K_0}\right). \quad (8)$$

Этот коэффициент будет равен:

+1, если полюс класса K_0 расположен левее полюса класса K_1 по оси значений i -го признака;

-1, если полюс класса K_0 расположен правее полюса класса K_1 по оси значений i -го признака;

0, если полюса классов совпадают.

Для определения данного коэффициента необходимо вычислить математическое ожидание i -го признака для объектов обучающей выборки, принадлежащих к классу K_1 :

$$M_{x_i}^{K_1} = \frac{1}{S^{K_1}} \sum_{q=1}^{S^{K_1}} x_i^q, x_i^q \in K_1, i = 1, 2, \dots, N, \quad (9)$$

где S^{K_1} - количество объектов обучающей выборки, принадлежащих к классу K_1 .

А также вычислить математическое ожидание i -го признака для экземпляров обучающей выборки, принадлежащих к классу K_0 :

$$M_{x_i}^{K_0} = \frac{1}{S^{K_0}} \sum_{q=1}^{S^{K_0}} x_i^q, x_i^q \in K_0, i = 1, 2, \dots, N, \quad (10)$$

где S^{K_0} - количество объектов обучающей выборки, принадлежащих к классу K_0 .

Значение порога, относительно которого будем осуществлять одномерную классификацию объектов по i -му признаку будем осуществлять по формуле [3]:

$$\theta_i = \frac{|M_{x_i}^{K_1} - M_{x_i}^{K_0}|}{2} + \min(M_{x_i}^{K_1}, M_{x_i}^{K_0}), i = 1, 2, \dots, N, \quad (11)$$

Заключение

В данной статье предложен эвристический метод многомерной классификации, представляющий собой объединение результатов одно-

мерных классификаций с учетом значимости признаков. Следует сказать, что методы распознавания, основанные на использовании эвристических методов, не всегда приводят к оптимальным решениям. Однако для их применения на практике достаточно, чтобы ошибка распознавания не превышала допустимого значения. Этого можно добиться, например, подбором более информативных признаков, в частности, методом, предложенным в работе [5], а также применением соответствующих способов улучшения оператора – классификатора [6].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Фомин Я. А. Распознавание образов: теория и применения. — 2-е изд. — М.: ФАЗИС, 2012, 429 с.
2. Фомин Я. А., Тарловский Г. Р. Статистическая теория распознавания образов. — М.: Радио и связь, 1986, 624 с.
3. Дубровин В.И. Субботин С.А. Богуслаев А.В. Яценко В.К. Интеллектуальные средства диагностики и прогнозирования надежности авиадвигателей-Запорожье: ОАО Мотор-Сич.-2003, 279с.
4. А.П. Мишин, И.В.Проскуряков. Высшая алгебра.—М.: Государственное издательство физико-математической литературы, 1962, 300 с.
5. Zakhochay, O.I. (2013), "The rational aggregate selection of informative patterns in the combined recognition systems", *Elektrotekhnichni ta Kompiuterni Systemy*, vol. 09(85), pp. 186–192.
6. Татур М.М., Одинец Д.Н. Классификаторы в системах распознавания: прикладные аспекты синтеза и анализа. Монография. — Минск.: Бестпринт, 2008. — 165 с.

УДК 519.6

А. А. Стенин, Е. Ю. Мелкумян, С. А. Стенин

**Оптимизация вредных выбросов предприятий
в экологических зонах промышленного региона**

Аннотация. В данной статье для оптимизации выбросов предприятий в экологических зонах промышленного региона предложен метод суперпозиции для решения элементарных задач путем сведения основной задачи к задаче линейного программирования.

Ключевые слова: атмосферные выбросы, уравнения Навье-Стокса, экологическая зона, интенсивность загрязнения, расчетный функционал, линейное программирование.

Введение

Одной из проблем, имеющих глобальный характер, является возрастание содержания в атмосфере углекислого газа в результате техногенных выбросов. Наиболее опасным последствием этого явления может стать повышение температуры воздуха благодаря «парниковому эффекту». Проблема нарушения глобального цикла массообмена углерода уже переходит из области экологии в экономические, социальные и, в конце концов, политические сферы.

Увеличение выбросов вредных химических веществ действующими промышленными предприятиями, загрязняющими окружающую среду, приводит к нарушению экологического равновесия, что весьма заметно в связи с изменением климата планеты. В связи с этим разрабатываются и претворяются в жизнь многочисленные международные программы, протоколы, договоры, соглашения. Примером этому является Рамочная конвенция Организации Объединенных Наций об изменении климата, принятая в Нью-Йорке 9 мая 1992 года. Затем был разработан, и принят к исполнению многими государствами, в том числе и Украиной, Киотский протокол к Рамочной конвенции ООН об изменении климата.

К загрязнению регионального масштаба относятся многие отходы промышленных предприятий и транспорта. В первую очередь, это касается диоксида серы. Он вызывает образование кислотных дождей, поражающих организмы растений и животных и вызывающих заболевания населения. В крупных городах и промышленных центрах воздух,

наряду с оксидами углерода и серы, часто загрязнен оксидами азота и твердыми частицами, выбрасываемыми автомобильными двигателями и дымовыми трубами. Нередко наблюдается образование смога. Хотя эти загрязнения носят локальный характер, они затрагивают многих людей, компактно проживающих на таких территориях. Кроме того, наносится ущерб окружающей природе.

Основными мерами борьбы с загрязнением атмосферы являются: строгий контроль выбросов вредных веществ, замена токсичных продуктов на нетоксичные, переход на замкнутые циклы, совершенствование методов газоочистки и пылеулавливания и др. Решению данной проблемы посвящен целый ряд работ, среди которых наиболее близки по рассматриваемой в данной статье задаче работы [1-5].

Постановка задачи

Пусть в заданном регионе с границей L расположены n промышленных предприятий $A_i (i = \overline{1, n})$ с координатами $\bar{r}_i(x_i, y_i, z_i)$, выбрасывающих каждую секунду Q_i аэрозолей, состав которых для простоты будем считать одинаковым (рис.1). Будем считать также, что регион G представляет собой цилиндрическую область с боковой поверхностью S_L , поверхностью основания $S_0 (z = 0)$ и верхней поверхностью $S_H (z = H)$.

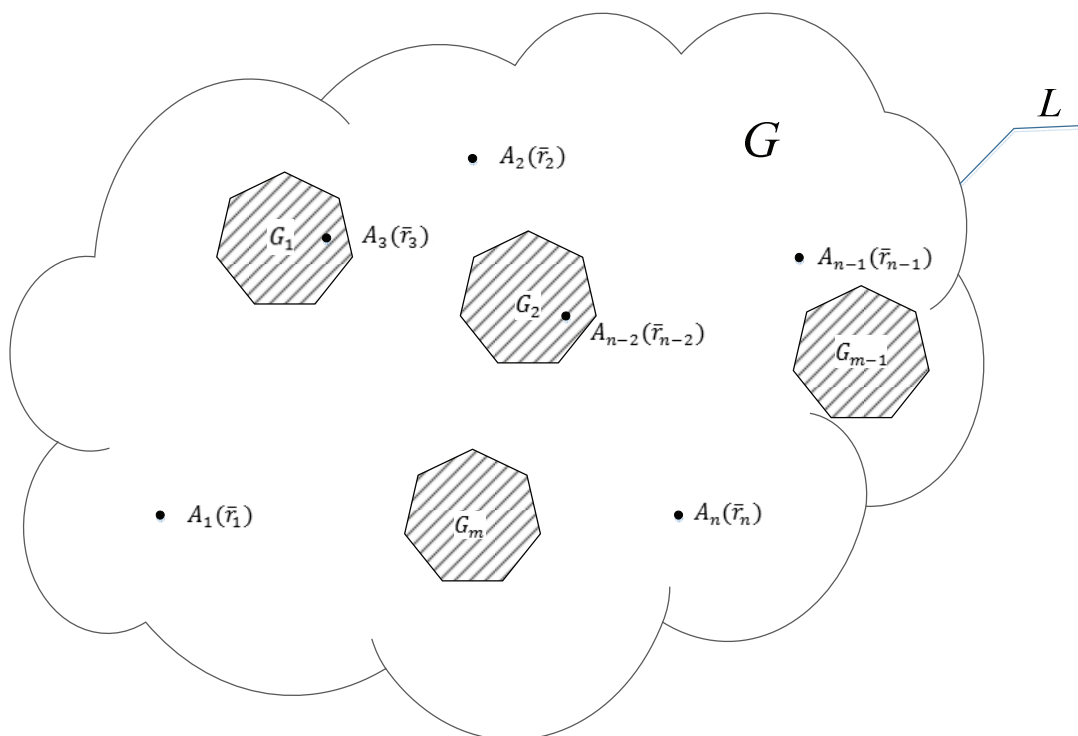


Рис. 1. Карта местоположения предприятий и экологических зон в промышленном регионе

В этом регионе выделим m экологических зон $G_k (k = \overline{1, m})$ с заданной предельно допустимой концентрацией выпавших за время $[0, T]$ аэрозолей, где T – годовая периодичность.

Задача состоит в определении для каждого предприятия такого допустимого количества выбрасываемых аэрозолей, чтобы их сумма не превышала заданных предельно допустимых норм при минимальных экономических затратах на технологическую реконструкцию, обеспечивающую установленный объем выпуска продукции при заданном уменьшении промышленных выбросов.

Решение задачи

Известно [1], что математическая модель переноса и диффузии аэрозолей в атмосфере описывается уравнением Навье-Стокса вида:

$$\frac{\partial \varphi}{\partial t} + v_x \frac{\partial \varphi}{\partial x} + v_y \frac{\partial \varphi}{\partial y} + v_z \frac{\partial \varphi}{\partial z} + \sigma \varphi = \frac{\partial}{\partial x} \nu \frac{\partial \varphi}{\partial x} + \mu \Delta \varphi + \sum_{k=1}^m Q_k \delta(\bar{r} - \bar{r}_k), \quad (1)$$

где: $\varphi(x, y, z)$ – интенсивность аэрозолей субстанции, мигрирующей вместе с потоком воздуха в атмосфере; $\bar{v} = (v_x, v_y, v_z)$ – вектор скорости вдоль осей x, y, z ; ν, μ – коэффициенты вертикального и горизонтального турбулентного обмена; $\bar{r}_k(x_k, y_k, z_k)$ – местоположение k -го промышленного предприятия; σ – коэффициент поглощения (обратно пропорционален времени).

Уравнение (1) отвечает поставленной задаче при условии

$$\begin{cases} \varphi = f_L \text{ на } S_L \\ \frac{\partial \varphi}{\partial z} = \alpha \varphi \text{ на } S_0, \\ \frac{\partial \varphi}{\partial z} = 0 \text{ на } S_H \end{cases} \quad (2)$$

где: α – коэффициент, характеризующий вероятность выпавшей на поверхность Земли субстанции аэрозоля снова попасть в атмосферу; f_L – степень начального загрязнения на боковой поверхности цилиндрической модели промышленного региона.

Считаем задачу климатически периодической с периодом T , равным году, т.е.

$$\varphi(\bar{r}, T) = \varphi(\bar{r}, 0). \quad (3)$$

К уравнениям (1) – (3) необходимо добавить для каждого момента времени соотношение неразрывности для компонент вектора скорости $\bar{v}$ [2]

$$\frac{\partial V_x}{\partial x} + \frac{\partial V_y}{\partial y} + \frac{\partial V_z}{\partial z} = 0, \quad (4)$$

$$V_z = 0 \text{ при } z = 0 \text{ и } z = H.$$

Расчетная формула годовой дозы загрязнения для i -й экологической зоны имеет вид:

$$F_k = \int_0^T dt \int_{G_k} P_k \varphi dG, \quad (5)$$

где:

$$P_k = \begin{cases} 1, & \text{при } \bar{r} \in G_k \\ 0, & \text{при } \bar{r} \notin G_k \end{cases} \quad (6)$$

и учитывает загрязнение i -й экологической зоны.

При этом среднегодовые предельно допустимые дозы аэрозольного загрязнения должны удовлетворять ограничениям

$$F_k \leq C_k, \quad (k = \overline{1, m}). \quad (7)$$

где C_k – заданные санитарные нормы для i -й экологической зоны.

Для того, чтобы к расчетному функционалу (5) определения дозы загрязнения с целью выполнения ограничений (7) введем в рассмотрение функционал, позволяющий найти такую совокупность планируемых выбросов аэрозолей Q_i , которая при уменьшении выбросов обеспечивает выпуск того же объема продукции с минимизацией затрат на технологическую реконструкцию.

В качестве такого функционала примем

$$I = \sum_{i=1}^n k_i (Q_{ni} - Q_{pi}) \rightarrow \min. \quad (8)$$

где: Q_{ni} , – исходная мощность выбросов; Q_{pi} – планируемая мощность выбросов; k_i – коэффициент, определяющий капиталовложения в технологию, обеспечивающую выпуск того же объема продукции при уменьшении выбросов (в расчете на единицу мощности выбросов).

Решение задачи (1) –(8) достаточно сложно в аналитическом виде, поэтому ниже для ее решения предлагается метод суперпозиции для решения элементарных задач путем сведения основной задачи к задаче линейного программирования.

Пусть для данного промышленного региона, с учетом внешнего загрязнения, интенсивность загрязнения региона G можно представить в виде:

$$\varphi = \sum_{j=1}^n Q_j \varphi_j(\bar{r}, t), \quad (9)$$

где $\varphi_j(\bar{r}, t)$ – решение уравнения (1) для j -го промышленного предприятия, т.е.

$$\frac{\partial \varphi_j}{\partial t} + V_1 \frac{\partial \varphi_j}{\partial x} + V_2 \frac{\partial \varphi_j}{\partial y} + V_3 \frac{\partial \varphi_j}{\partial z} + \sigma \varphi_j = \frac{\partial}{\partial z} \theta \frac{\partial \varphi_j}{\partial z} + \mu \Delta \varphi_j + \delta(\bar{r} - \bar{r}_j) * Q_j \quad (10)$$

при граничных условиях

$$\begin{cases} \varphi_j = 0 \text{ на } S_L \\ \frac{\partial \varphi_j}{\partial z} = \alpha \varphi_j \text{ на } S_0; \frac{\partial \varphi_j}{\partial z} = 0 \text{ на } S_H. \end{cases} \quad (11)$$

Тогда решение (9) правомочно использовать в расчетном функционале (5). Отсюда

$$F_k = \sum_{i=1}^n Q_{ni} \alpha_{ik}. \quad (12)$$

где

$$a_{ik} = \int_0^T dt \int_{G_k} F_k \varphi_j(\bar{r}, t) dG, \quad i = \overline{1, n}, \quad k = \overline{1, m}. \quad (13)$$

В этом случае можно считать, что коэффициенты a_{ik} уже известные константы.

Объединяя (7), (8), (12), (13) приходим к следующей постановке задачи

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^n k_j (Q_{uj} - Q_{nj}) &\rightarrow \min \\ \sum_{i=1}^n Q_{ni} \alpha_{ik} &\leq C_k, \quad k = \overline{1, m}. \end{aligned} \quad (14)$$

От Q_{ni} удобно перейти к $q_i = Q_{ni} - Q_{ui}$. Тогда мы приходим к задаче линейного программирования по отысканию оптимального набора q_i на основе решения задачи

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^n k_i q_i &\rightarrow \min \\ \sum_{i=1}^n \alpha_{ik} q_i &\geq R_k, \quad k = \overline{1, m} \\ q_i &\geq 0, \quad i = \overline{1, n} \end{aligned} \quad (15)$$

где

$$R_k = \sum_{j=1}^n a_{jk} Q_{uj} - C_k. \quad (16)$$

Естественно, что количество ограничений может быть за счет требований социального и экономического характера, вытекающих из тех или иных приоритетных соображений [3,4].

Если к данному промышленному региону примыкают другие промышленные регионы, из которых вредные выбросы попадают в данный регион, к уравнению (10) необходимо добавить уравнение

$$\frac{\partial \varphi_L}{\partial t} + V_x \frac{\partial \varphi_L}{\partial x} + V_y \frac{\partial \varphi_L}{\partial y} + V_z \frac{\partial \varphi_L}{\partial z} + \sigma \varphi_L = \frac{\partial}{\partial z} \nu \frac{\partial \varphi_L}{\partial z} + \mu \Delta \varphi_L \quad (17)$$

при условиях

$$\begin{aligned} \varphi_L &= f \text{ на } S_L \\ \frac{\partial \varphi_L}{\partial z} &= \alpha \varphi_L \text{ на } S_0 \\ \frac{\partial \varphi_L}{\partial z} &= 0 \text{ на } S_H. \end{aligned} \quad (18)$$

Тогда решение (9) можно записать как

$$\varphi = \sum_{i=1}^n Q_i \varphi_i(\vec{r}, t) + b_k, \quad (19)$$

где

$$b_k = \int_0^T dt \int_{G_k} P_k \varphi_s(\vec{r}, t) dG. \quad (20)$$

В этом случае задача линейного программирования (15) примет вид

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^n k_i q_i &\rightarrow \min \\ \sum_{i=1}^n a_{ik} q_i &\geq R_k, k = \overline{1, m}, \\ q_i &\geq 0, i = \overline{1, n} \end{aligned} \quad (21)$$

где

$$R_k = \sum_{j=1}^n a_{jk} q_{mj} + b_k - c_k. \quad (22)$$

Представленные выше частная и общая задачи линейного программирования по оптимизации вредных выбросов предприятий в экологических зонах данного промышленного региона могут быть решены известными численными методами [6].

Заключение

Поскольку рассмотренные задачи линейные и периодические во времени, то их решение осуществляется с некоторых начальных данных до наступления периодичности. Обычно требуется несколько годовых цикла расчета. Кроме того, поскольку сформулированная задача сведена к задачам линейного программирования при $q_i \geq 0$ и всех положительных коэффициентах a_{ik} , b_k решение задачи находится на

гранях многогранников, образующихся при построении области ограничений с помощью стандартных методов линейного программирования.

Литература

1. Пэнгл Р. Методы системного анализа окружающей среды. / Пер. с англ. под ред. Н. Н. Моисеева – М.: Мир. 1979.
2. Марчук Г. И. Математическое моделирование в проблеме окружающей среды – М.: Наука. 1982.
3. В. М. Гарин, И. А. Кленова, В. И. Колесников, Промышленная экология, Маршрут, 2005.
4. Охрана окружающей среды от негативного воздействия хозяйственной деятельности / под ред. Д. В. Елисеева – Новосибирск: Изд. «СибАК», 2015
5. Швыряев А. Л., Меньшиков В. В. Оценка риска воздействия загрязнения атмосферы в исследуемом регионе – М.: Изд-во МГУ. 2004. 124 с.
6. Фельдман Л. П., Петренко А. І., Дмитрієва О. А. Чисельні методи в інформатиці. К.: Видавнича група ВНУ, 2006. – 480 с.

УДК 621.373-187.4; 621.39.072.9

Н. В Федорова

КОНТРОЛЛЕР МУЛЬТИСЕРВИСНОЙ МАКРОСЕТИ КАК ЭЛЕМЕНТ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

Аннотация. Рассмотрены перспективы создания мультисервисной макросети на базе технологий 2G, 3G, 4G и 5G. Обозначены актуальные вопросы и задачи по управлению мультисервисной макросетью. Предложена четырехуровневая система управления мультисервисной макросетью. Показан алгоритм работы контроллера мультисервисной макросети.

Ключевые слова: технологии 2G, 3G, 4G и 5G, мультисервисная макросеть, управление мультисервисной макросетью, четырехуровневая система управления, контроллер мультисервисной макросети.

Введение.

С развитием мобильных сетей и их адаптацией к новым типам устройств и услуг – от интеллектуальных электросчетчиков, автомобилей и подключенных бытовых приборов до промышленных объектов – к ним выдвигаются новые и самые разнообразные требования. В этой связи, подход «одна технология для всех» вряд ли может быть эффективным для обеспечения растущего числа разнообразных потребностей со стороны бизнеса, общества и отдельных пользователей. Технологии продолжают свое развитие в направлении к более высокой производительности и всё большему числу возможностей. В дополнение к существующим технологиям радиодоступа, появятся также новые технологии, которые позволят решать те задачи, которые решить с помощью 2G/3G/4G невозможно [1].

Постановка задачи

Прозрачная интеграция существующих и новых технологий будет способствовать повышению качества пользовательского опыта и появлению целого ряда новых услуг. Активное развитие и функционирование технологий, соединяющих общество в едином пространстве, способствует и ведет к созданию мультисервисной макросети оператора.

Проблема перехода от традиционных сетей с коммутацией каналов к сетям с коммутацией пакетов является одной из наиболее актуаль-

ных для операторов связи. Перспективные разработки в области IP-коммуникаций связаны с созданием комплексных решений, позволяющих при развитии сетей следующего поколения сохранять существующие подключения и обеспечить бесперебойную работу в любой сети доступа: на инфраструктуре медных пар, по оптическим каналам, на беспроводной (WiMAX, WiFi) и проводной (ETTH, PLC и т. д.) сети.

Согласно концепции «неразрушающего» перехода, подобные решения должны позволять точно переводить отдельные сегменты на новые технологии без кардинальной смены всей структуры сети [2-4].

Основное отличие сетей следующего поколения от традиционных сетей в том, что вся информация, циркулирующая в сети, разбита на две составляющие: сигнальная информация, обеспечивающая коммутацию абонентов и предоставление услуг; и непосредственно пользовательские данные, содержащие полезную нагрузку, предназначенную абоненту (голос, видео, данные). Пути прохождения сигнальных сообщений и пользовательской нагрузки могут не совпадать. На рис. 1 показана общая архитектура мультисервисной макросети [2-4].

При интеграции в существующую сеть оператора, важным критерием является модель управления данной сетью - появляется многоуровневая система управления [5].

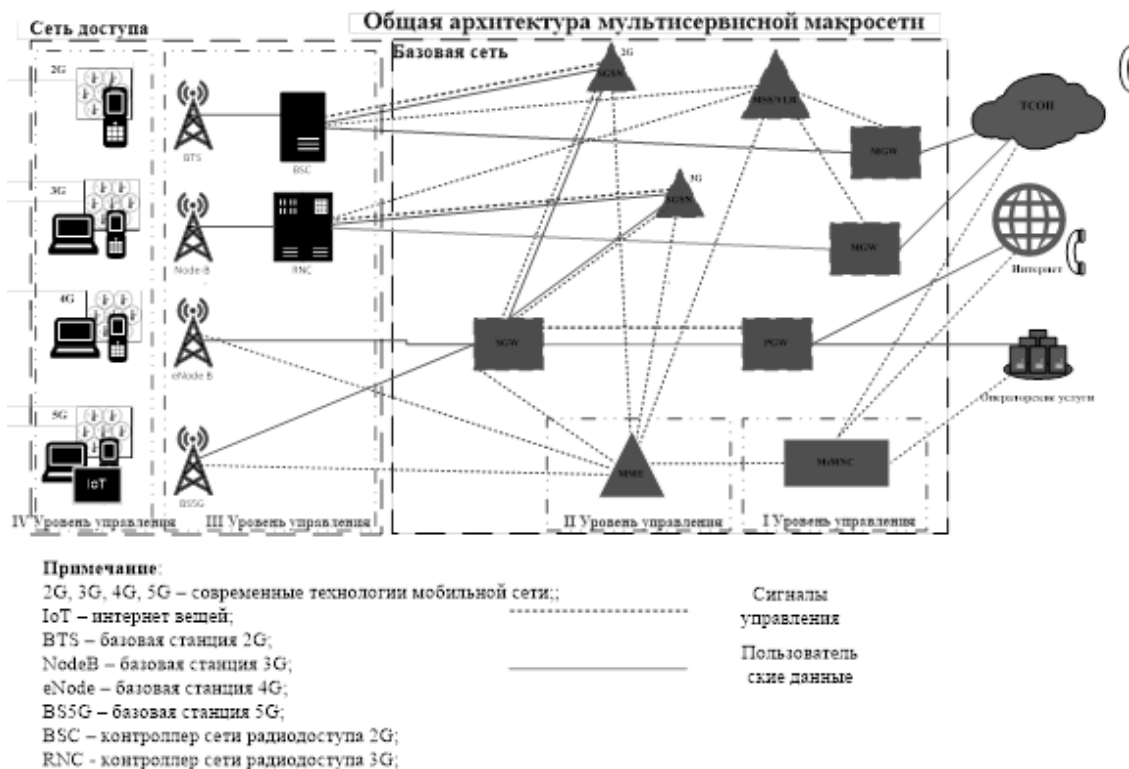


Рис. 1. Общая структура мультисервисной макросети

Основная часть

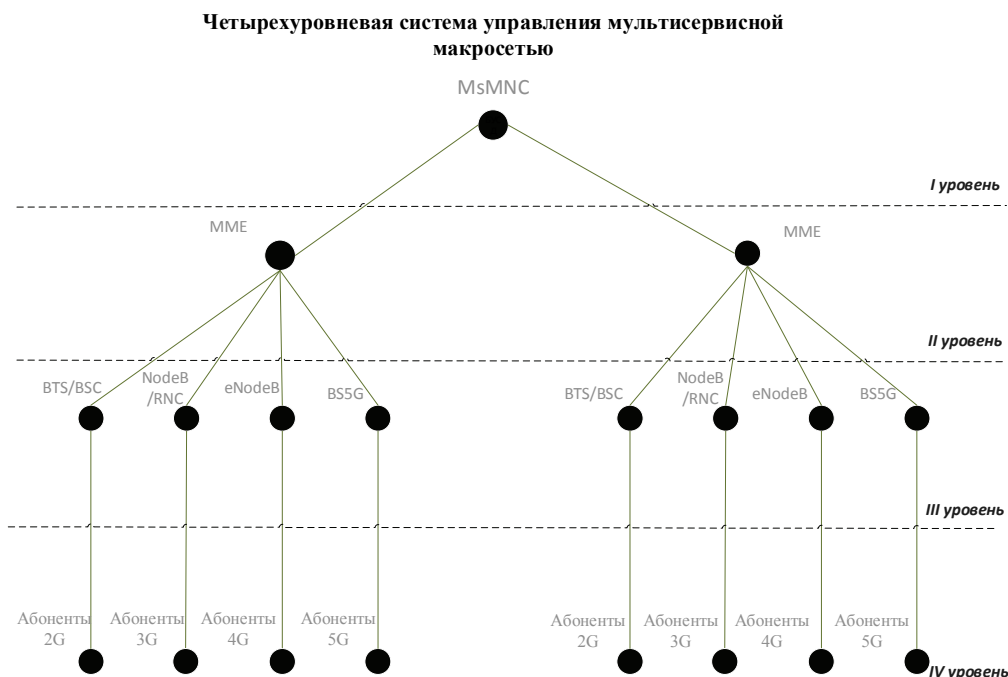
Для мультисервисной макросети, показанной на рис. 1, такая модель системы управления приобретает четыре уровня управления (рис.2).

Каждый уровень данной системы выполняет набор определенных функций. Уровни II – IV уже известны и предназначены для выполнения ряда функций [5].

Например, на уровне IV находятся абонентские терминалы сегментов доступа 2G, 3G, 4G, 5G, которые могут осуществлять управление своим мобильным ресурсом.

На III уровне размещены базовые станции совместно с контроллерами базовых станций. Одной из основных функций уровня III является управление радиочастотным ресурсом.

На уровне II находятся узлы управления мобильностью (MME - Mobility Management Entity), которые являются контролирующими модулями и отвечают за процедуры обеспечения мобильности. MME предоставляет плоскость функций контроля для обеспечения мобильности между технологиями 4G и 2G/3G в мультисервисной макросети [4, 5].



Примечание:

BTS – базовая станция 2G;
 NodeB – базовая станция 3G;
 eNode – базовая станция 4G;
 BS5G – базовая станция 5G;
 BSC – контроллер сети радиодоступа 2G;
 RNC – контроллер сети радиодоступа 3G;
 MME – узел управления сетью;
 MsMNC – контроллер мультисервисной макросети.

Рис. 2. Четырехуровневая система управления мультисервисной макросетью

С появлением на рынке телекоммуникаций технологии 5G [5] для повышения точности и быстродействия мультисервисной макросети возникнет необходимость рационального подхода к управлению данной сети в целом. Поэтому на рис. 1 и 2 предложен еще один уровень – уровень I. На данном уровне находится контроллер мультисервисной макросети (MsMNC – Multiservice Macro-Network Controller), который и осуществляет непосредственное управления сегментами доступа 2G, 3G, 4G, 5G. Т.е. основная цель MsMNC – это оценка входного трафика и направление его по конкретному пути прохождения через мультисервисную макросеть согласно изначально заданной таблице приоритетов MsMNC.

В таблицу 1 сведены данные о возможных сервисах согласно поколений мобильных технологий. Таблица 2 является таблицей приоритетов для котроллера MsMNC.

Таблица 1

Поколение	2G	3G	4G	5G
Сервисы	цифровая телефония и передача сообщений; ▪ мобильность и роуминг; ▪ поддержка передачи данных	▪ широкополосная передача данных и передача речи по протоколу IP; мобильность и роуминг; сервисная концепция	большая ёмкость, IP-ориентированная сеть, поддержка мультимедиа, скорости до сотен мегабит в секунду	“умный” город “умный” дом
Сеть	сеть с коммутацией каналов	сеть с коммутацией каналов и пакетной коммутацией	сеть пакетной коммутации	сеть пакетной коммутации

Таблица 2

Поколение	2G	3G	4G	5G
Приоритеты	1	2	3	4
Доступная скорость передачи для абонента	9,6-14,4 кбит/с	до 3,6 Мбит/с	100 Мбит/с – 1 Гбит/с	до 10 Гбит/с
Доступность базовой станции	BTS	NodeB	eNodeB	BS5G
Вход контроллера MsMNC	1	2	3	4

Алгоритм работы MsMNC показан на рис.3.

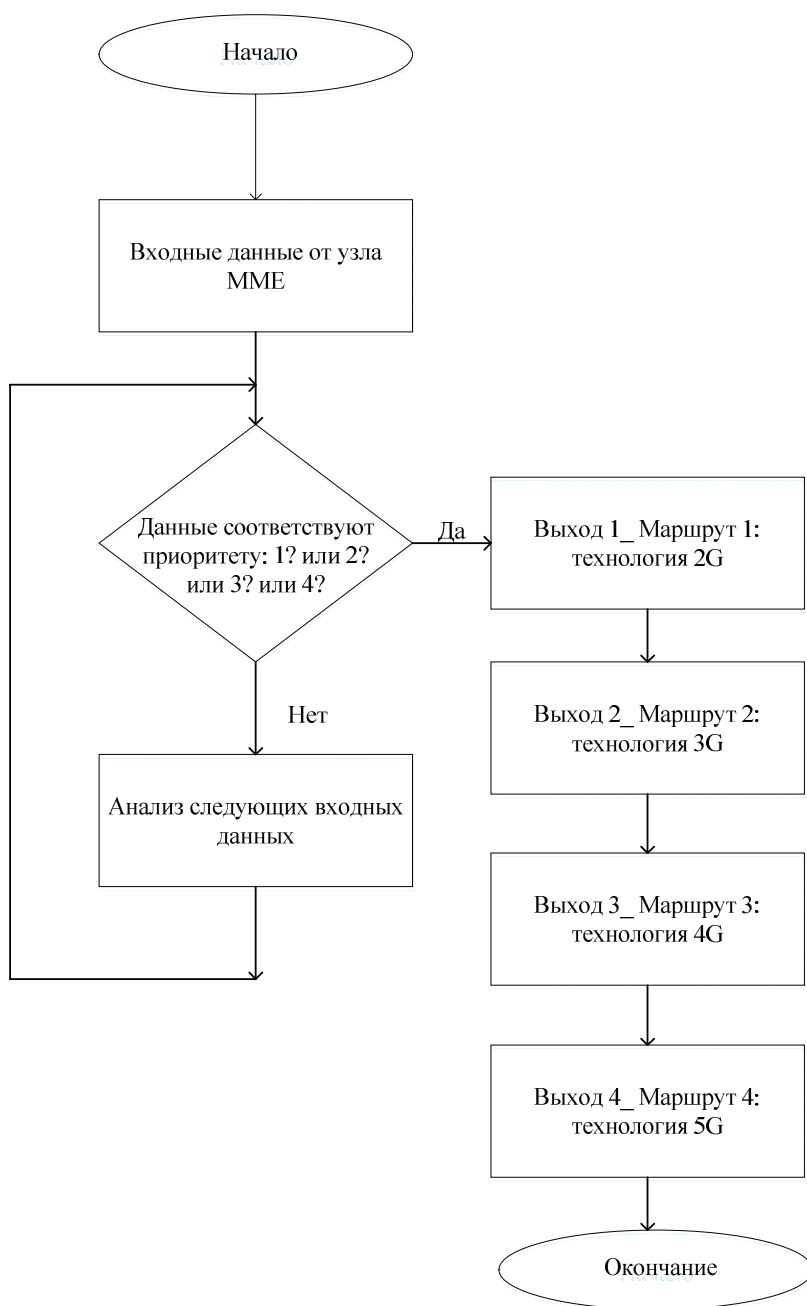


Рис. 3. Алгоритм работы контроллера MsMNC

Контроллер MsMNC получает на свои входы информацию от узла MME - данные об абонентах (какие сервисы им доступны, на каких скоростях, разрешен ли роуминг и пр.). Эти данные носят технический характер и предназначены только для работы сети. Согласно таблице приоритетов (табл.2) контроллер MsMNC делает выбор в пользу того или иного приоритета, при этом оценивая информацию по доступной скорости абоненту и типу доступной базовой станции, и указывает узлу MME маршрут прохождения услуги по мультисервисной макросети.

Выводы

1. При интеграции технологий в одну мультисервисную макросеть оператора, важным критерием является модель управления сетью - появляется многоуровневая система управления.

2. Многоуровневая система управления является разновидностью адаптивной системы, изменяющейся структуры в зависимости от накопленного опыта, а так же представляет собой робастную систему управления.

3. Контроллер мультисервисной макросети MsMNC как элемент управления многоуровневой системы управления осуществляет непосредственное управления сегментами доступа 2G, 3G, 4G, 5G.

4. Многоуровневая системы управления обеспечивает требуемые запасы устойчивости при варьируемых показателях быстродействия и точности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Прыжки через G: 3G – 4G – 5G / [Электронный ресурс]: Герман Богапов // Газета “Зеркало недели. Украина” № 15, 2016.

2. M.Mouly, M.B.Pautet. The GSM System for Mobile Communications. 1992. p.p. 702.

3. Тихвинский В. О., Терентьев С. В., Юрчук А. Б. Сети мобильной связи LTE: технология и архитектура. – М.: Эко-Трендз, 2010.

4. Технологии мобильной связи пятого поколения (5G). White Paper. – Ericsson, Сентябрь 2013:
http://ericsson.com/kz/news/130919_wp_5g_254740124.

5. Ю.А. Громаков. Сотовые системы подвижной радиосвязи. Технологии электронных коммуникаций. Том 48. "Эко-Трендз". Москва. 1994.

УДК 004.42::621.9

С.І. Шаповалова, О.М. Бараніченко

ВДОСКОНАЛЕННЯ САМ-СИСТЕМ ДЛЯ НЕВЕЛИКИХ ВИРОБНИЦТВ

Анотація: В статті визначено характеристики САМ-систем і критерії їх оптимізації для застосування на невеликих виробництвах. Представлено розроблену за цими критеріями систему PowerSAM. Наведено приклад роботи PowerSAM для порівняння з аналогічними системами.

Ключові слова: САМ-система, керуюча програма верстатів з ЧПК.

Вступ

На теперішній час використання верстатів з числовим програмним керуванням (ЧПК) можливе не лише для великих підприємств, але і для невеликих виробництв. Однак використання технології ЧПК при малих обсягах виробництва має специфічні риси. Тому існує ряд проблем, які необхідно вирішувати для продуктивної і стабільної роботи обладнання з ЧПК. Це насамперед проблема створення ефективного коду керуючих програм, оскільки використання існуючих програмних засобів автоматизованої системи технологічної підготовки виробництва ускладнюється або наявністю надлишкового функціоналу та високою ціною, або неоптимальністю побудови вихідного коду.

Саме тому задача створення простого в застосуванні, зручного, надійного та потужного засобу програмування верстатів з ЧПК є актуальною та має практичне застосування для невеликих виробництв.

Аналіз останніх досліджень

Програмним забезпеченням (ПЗ), яке створює керуючі програми для верстатів з ЧПК, є САМ-системи (computing aided manufacturing). Сучасні дослідження в галузі розвитку САМ-систем [1-5] спрямовані на розв'язання специфічних задач генерації складних траєкторій обробки, які рідко застосовуються на невеликих виробництвах.

В роботі Л. А. Кашуби і О. В. Чекалкіна [6] було сформовано базові принципи побудови ПЗ саме для невеликих виробництв. Результатом досліджень стало створення САМ-системи ADEM. В роботі Т. Merse [7] було сформовано принципи відбору ПЗ верстатів з ЧПК для невеликих

виробництв. Аналіз існуючих САМ-систем, більшість з яких використовуються досі, відбувався за такими факторами, як ефективність, функціональність, ціна, розширяємість, тощо. Однак існуючої реалізації ПЗ, яка би однозначно задовольняла вимогам невеликих виробництв знайдено не було.

В статті А. Ю. Солкіна та П.К. Кузнецова [8] було розглянуто не менш важливу проблему ЧПК – оптимізацію вихідного коду керуючої програми. Однак, з однієї сторони, розглянуті засоби оптимізації не завжди доцільно використовувати для малосерійного виробництва через надлишковий функціонал, а з іншої – для САМ-систем з обмеженим функціоналом необхідно забезпечити оптимальність вихідного коду з точки зору мінімальної кількості команд. Тому дослідження з визначення функціональних характеристик САМ-систем та критеріїв оптимізації коду керуючих програм, необхідне для розробки засобу програмування верстатів з ЧПК, пристосованого саме для невеликих виробництв.

Ціллю статті є визначення характеристик САМ-систем і критеріїв їх оптимізації та представлення розробленої за цими критеріями системи PowerCAM для невеликих виробництв.

Структура ПЗ для роботи на верстатах з ЧПК

Основними задачами ПЗ верстатів з ЧПК є:

1. Створення креслення або моделі деталі, яку необхідно виготовити. Ці задачі вирішують CAD системи, наприклад, AutoCAD, SolidWorks, Inventor.

2. Створення керуючої програми верстату, що дозволяє задати по кресленню обробку деталі. Ці задачі вирішують САМ системи, наприклад, ArtCAM, SolidCAM, MasterCAM, RhinoCAM.

3. Керування верстатом. Ці задачі вирішують спеціалізовані керуючі системи, які можуть бути вбудовані в комп'ютер верстата. Однак, як правило, вбудовані системи зустрічаються лише на професійному обладнанні. Для верстатів, які зазвичай використовуються на невеликих виробництвах, використовується окремий комп'ютер, на якому встановлено керуючу програму. До таких програм можна віднести Mach3, vriCNC, NC-Studio.

Таким чином, базова структура ПЗ верстатів з ЧПК складається з CAD-системи, САМ-системи та керуючої системи. Але в деяких ви-

падках для керування та програмування верстатів з ЧПК використовують додаткові програмні засоби, такі як:

1. Програми ручного редагування вихідного коду, наприклад, NC corrector.
2. Програми візуалізації роботи верстату при обробці по заданому коду.
3. Програмно-апаратні системи керування верстатом, які не потребують окремого комп'ютера і містять операції для роботи і налагодження верстатів.

Використання CAD систем є недоцільним, якщо виконуються такі умови:

1. Креслення готового виробу не існує в електронному вигляді.
2. Операції обробки є простими, код яких можна створити навіть без САМ-системи.

До простих операцій можна віднести, наприклад, свердління та розточку отворів, стругання шпоночних пазів, фрезерування по прямолінійним траєкторіям, токарну обробку циліндрів та нарізання різьби, тощо. Фактично, до таких операцій можна віднести більшість операцій, які виконуються на універсальних верстатах з ручним керуванням. В цих випадках вигідніше замість повноцінної CAD-системи використовувати вбудований в САМ-систему модуль створення креслень. Детальне креслення для створення цих траєкторій обробки недоцільне тому, що воно буде надлишковим (наприклад в випадку з різьбою), або містити тільки невелику кількість параметрів, які доцільніше задавати під час створення траєкторії (наприклад, для свердління на кресленні задаються лише центр отвору та його глибина).

Від оптимальності коду керування верстатом з ЧПК залежить коректна робота обладнання і, як наслідок, його довговічність і якість вихідної продукції. Існуючі САМ-системи або вузькоспеціалізовані та містять недостатній функціонал, або складні і дорогі в використанні та мають надлишковий функціонал в контексті використання на невеликих виробництвах.

Характеристики САМ-систем і критерії їх оптимізації

За результатами досліджень засобів створення керуючої програми було виокремлено характеристики САМ-систем. В таблиці 1 наведено приклади таких систем та відповідних значень характеристик. Для

представлення обрано характерні приклади складної системи MasterCAM X6, простої – ArtCAM Pro 9, а також розробленої PowerCAM.

Таблиця 1

Характеристики САМ-систем

№	САМ-система Характеристика	Зміст характеристики	MasterCAM	ArtCAM	PowerCAM
1	Можливість створення траєкторій обробки для верстатів різних типів	Підтримка фрезерних, токарних, свердильних, розточних верстатів	Так	Ні	Так
2	Наявність простих траєкторій	Фрезерування площини та торця, проточка конуса, свердління, розточка, тощо	Так	Так	Так
3	Наявність складних траєкторій	Траєкторії багато осьової обробки	Так	Ні	Ні
4	Можливість параметричного стилю написання G-коду	Використання підпрограм, циклів, параметрів	Так	Ні	Так
5	Можливість ручного редагування коду	Можливість ручного редагування коду	Так	Ні	Так
6	Швидкість введення параметрів, пар./с.	Значення середнього арифметичного введення параметрів за 1 секунду	0.05	0.2	0.3

Швидкість введення параметрів тестувалися для простих траєкторій, які подібні для всіх систем. Покращення цього показника зумовлено тим, що:

1. Відсутня необхідність введення параметрів, які не впливають на генерацію коду.

2. Використовується командний рядок для введення/виведення даних за аналогом до AutoCAD.

Таким чином, можна сформулювати вимоги до вдосконаленої САМ-системи, які втілені в PowerCAM:

1. Мінімальний набір траєкторій: фрезерування площини та торця, проточка конуса, свердління, розточка.
2. Типи верстатів, для яких можливе створення керуючих програм: фрезерні, токарні, свердлильні та розточні.
3. Можливість створення простих креслень безпосередньо в САМ-системі.
4. Швидке і зрозуміле для користувача створення керуючих програм.
5. Інтуїтивно-зрозумілий інтерфейс з подібним шаблоном для всіх операцій.
6. Відкриття креслень формату .dxf.
7. Створення керуючих програм на мові G-/M-коду.

Крім цього система PowerCAM розроблювалась з врахуванням таких критеріїв оптимальності побудови коду керуючої програми:

1. Мінімальна кількість команд для побудови траєкторії.
2. Заміщення багаторазового задання коду ідентичних операцій командою виконання циклу.

В рамках проекту автоматизовано такі процеси:

1. Створення креслень.
2. Створення траєкторій обробки.
3. Генерація коду керуючої програми.

Система PowerCAM реалізована на мові C#, платформа .Net Framework 4.6.

Основною ціллю PowerCAM є створення оптимального коду керуючих програм.

Структура PowerCAM

PowerCAM містить підсистему роботи з кресленнями, підсистему створення траєкторій обробки, постпроцесор.

Підсистема роботи з кресленнями реалізує такі функції:

1. Створення плоских графічних об'єктів, таких як:
 - 1.1. Точка. Задається координатами X, Y.
 - 1.2. Відрізок. Задається початок і кінець відрізка (дві точки).
 - 1.3. Коло. Задається центр кола (точка) і радіус (число).
 - 1.4. Дуга. Задається твірним колом, початковим і кінцевим кутами (2 числа).

2. Відкриття існуючих креслень формату .dxf.

Підсистема створення траєкторій обробки охоплює такі траєкторії:

1. Свердління. Задаються координати свердління, глибина свердління, необхідність стружколомною зупинки та виведення свердла, швидкість свердління.

2. Розточка. Задаються ті самі параметри, що і для свердління, але обробка повинна бути циклічною та мати зупинку для вимірювання та уточнення розміру.

3. Фрезерування площини. Найбільш широко при цьому використовується метод фрезерування «Зигзаг», при якому фрезерування йде вздовж однієї з осей при подальшому зміщенні в напрямі іншої, або метод «Зміщення», при якому обробка йде вздовж периметру зі зміщенням від/до периметру. Для цього задається контур, глибина фрезерування, крок поперечного зміщення, глибина обробки, крок глибини, швидкість обробки.

4. Прямолінійне фрезерування, яке часто використовується для відрізки деталей, прорізки пазів, тощо. Задаються ті самі параметри, що і для фрезерування площини, окрім зміщення.

5. Фрезерування по контуру. При цьому задаються такі ж параметри, як і для прямолінійного фрезерування, а також контур обробки.

6. Токарна обробка циліндру. Задаються подача, швидкість різання, діаметр обробки, крок обробки.

7. Токарна обробка канавок. Задаються ті самі параметри, що і для обробки циліндру, окрім подачі.

8. Нарізання різьби. Задаються швидкість різання, діаметр обробки, крок обробки та крок різьби, напрямок різьби.

9. Проточка конусу. Задаються подача, швидкість різання, діаметри конусу та його довжина (або ж конусність), крок обробки.

Для всіх цих операцій також можуть бути включені додаткові параметри, такі як увімкнення/вимкнення подачі змазуючо-охолоджуючої рідини, налаштування обертів шпинделя.

Постпроцесор для верстата з ЧПК – це програмний модуль, який призначений для перетворення керуючої траєкторії обробки в керуючу програму. Постпроцесор системи PowerCAM генерує код керуючої програми мовами G-/M-коду. При цьому він містить вбудовані операції обробки коду керуючої програми, такі як цикл, створення змінних, додавання блоку коду, написаного вручну.

Реалізація системи PowerCAM

На рисунку 1 представлено вікно PowerCAM в момент створення програми обробки деталі.

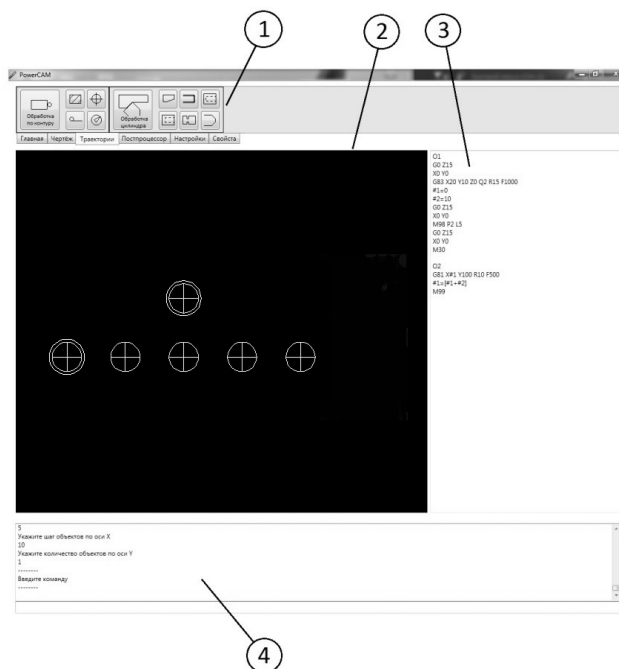


Рис. 1. Головне вікно системи PowerCAM

Виноски відповідають базовим компонентам графічного інтерфейсу користувача:

1. Програмне меню реалізоване у вигляді стрічки за аналогією до AutoCAD, SolidWorks. Стрічкове меню базується на панелях інструментів, розділених вкладками. Воно займає мало місця, не створює проблеми багаторівневого вкладення, надає швидкий доступ до внутрішніх елементів.

2. Зона креслення призначена для перегляду та вибору графічних примітивів, а також траєкторій обробки, що задаються в програмі.

3. Панель G-/M-коду відображає код створених траєкторій обробки, а також надає можливість створювати цикли і дописувати код вручну.

4. Командна панель реалізована за аналогією до відповідного компоненту у AutoCAD і є більш високорівневим аналогом консолі. Вона дозволяє виконувати будь-яку з функцій налаштування системи, створення графічних об'єктів або траєкторій, редагування коду керуючої програми. При цьому командна панель надає однотипний простий інтерфейс для введення/виведення даних, що пришвидшує роботу та зменшує ймовірність введення некоректних даних.

Такий набір графічних компонентів дозволяє:

1. Забезпечити максимальний розмір робочого простору.
2. Прискорити роботу розробника за рахунок ефективного доступу до функцій системи через командний рядок.
3. Співставляти код з траєкторією обробки під час його створення.

На рисунку 2 винесено фрагменти коду керуючих програм, створені системами ArtCAM (рис. 2а) та запропонованою PowerCAM (рис. 2б). Код задає обробку деталі з одним отвором глибиною 15 мм, що обробляється з виведенням свердла, і 5 отворів глибиною 10 мм, розташованих з кроком 10 мм по вісі X.

<pre> T1M6 G0Z25.000 G0X0.000Y0.000S6300M3 G0X305.000Y530.000Z25.000 G0Z21.000 G1Z17.000F750.0 G0Z15.000 G0Z18.000 G1Z14.000F750.0 G0Z15.000 G0X305.000Y530.000Z15.000 G1Z11.000F750.0 G0Z15.000 G0Z12.000 G1Z8.000F750.0 G0Z15.000 G0Z9.000 G1Z5.000F750.0 G0Z15.000 G0Z6.000 G1Z2.000F750.0 G0Z15.000 G0Z3.000 G1Z0.000F750.0 G0Z15.000 G0Z25.000 G0X0.000Y0.000 G0Z25.000 G0X0Y0 G0Z25.000 G0X0.000Y0.000 G0X0.000Y0.000Z25.000 G0Z16.000 G1Z0.000F750.0 G0Z25.000 G0X10.000 G0Z16.000 G1Z0.000F750.0 G0Z25.000 G0X20.000 G0Z16.000 G1Z0.000F750.0 G0Z25.000 G0X30.000 G0Z16.000 G1Z0.000F750.0 G0Z25.000 G0X40.000 G0Z16.000 G1Z0.000F750.0 G0Z25.000 G0X50.000 G0Z16.000 G1Z0.000F750.0 G0Z25.000 G0X0.000Y0.000 G0Z25.000 G0X0Y0 M30 </pre>	<pre> O1 G0 Z15 X0 Y0 G83 X20 Y10 Z0 Q2 R15 F1000 #1=0 #2=10 G0 Z15 X0 Y0 M98 P2 L5 G0 Z15 X0 Y0 M30 O2 G81 X#1 Y100 R10 F500 #1=[#1+#2] M99 </pre>
а	б

Рис. 2. Фрагменти коду керуючих програм: а) ArtCAM, б) PowerCAM

Тестування системи проводилось під керуванням операційної системи Microsoft Windows 7 Ultimate 64bit, та системою керування Mach3. Отримані результати доводять, що код створений PowerCAM коротший і простіший для використання та редагування.

Висновки

1. Проведено дослідження існуючих засобів створення керуючих програм верстатів з ЧПК. Виокремлено основні характеристики САМ-систем і критерії їх оптимізації.
2. Запропоновано систему PowerCAM, вдосконалену набором функцій, представленням графічного інтерфейсу користувача та оптимізацією генерації керуючого коду.
3. Наведено приклад роботи PowerCAM для порівняння з аналогічними системами.

Література

1. Пивоваров В. И. Современные цифровые технологии изготовления зубных протезов / В. И. Пивоваров, Е. С. Бондарь, И. П. Рыжова. // Саратовский научно-медицинский журнал. – 2011. – №1.
2. Маданов А. В. Анализ технологической подготовки производства авиационных деталей сложной геометрии на станках с числовым программным управлением / А. В. Маданов. // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2014. – №1.
3. Разработка технологии изготовления изделий ракетно-космической техники с применением САД/САМ-систем / [П. С. Попов, А. Ю. Литвинчук, К. Г. Пасечник та ін.]. // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. – 2010.
4. Кузнецов Є. Ю. Использование САМ-систем для составления управляющих программ многопроходного нарезания витков червяков / Є. Ю. Кузнецов, А. С. Ямников. // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2013. – №8.
5. Подготовка управляющих программ с помощью cad/cam систем / И. А. Бондарев, А. В. Никитин, С. Ю. Сыроежко, Н. А. Амельченко. // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. – 2011. – №7.
6. Кашуба Л. А. САД/САМ Adem наилучшая отечественная система для мелкосерийного производства / Л. А. Кашуба, О. В. Чекалкин. // Известия Южного федерального университета. Технические науки. – 1998. – №2.
7. Merse T. CAD/CAM selection for small manufacturing companies / Tim Merse. // The Graduate College University of Wisconsin. – 2000.
8. Солкин А. Ю. Проблема оптимизации NC программ для механообработывающих станков с ЧПУ / А. Ю. Солкин, П. К. Кузнецов. // Вестник Волжского университета им. В.Н. Татищева. – 2011. – №17. – С. 90–94.

ЗМІСТ

<i>I. Parkhomei, D. Humennyi, M. Tkach, V. Payun, Y. Bondar</i> OPTIMAL CONTROL SYSTEMS DESIGN OF COMMUNICATION NETWORKS	3
<i>Ю. М. Бойко</i> СИНТЕЗ І АНАЛІЗ ІНФОРМАЦІЙНО-УПРАВЛЯЮЧИХ СИСТЕМ СИНХРОНІЗАЦІЇ ЗАСОБІВ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ	8
<i>З. Х. Борукаев, К. Б. Остапченко, О. И. Лисовиченко</i> ПОДХОД К ПОСТРОЕНИЮ СИСТЕМ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ ОРГАНИЗАЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГОРЫНКОМ	29
<i>Р. І. Дзінько, О. І. Лісовиченко</i> ІНФОРМАЦІЙНИЙ МЕТОД РЕЗЕРВУВАННЯ СИСТЕМИ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛІННЯ ГНУЧКИХ ВИРОБНИЧИХ СИСТЕМ НА БАЗІ ПРИХОВАНИХ МАРКІВСЬКИХ МОДЕЛЕЙ	44
<i>А. М. Дзінько, Л. С. Ямпольський</i> МОДЕЛЮВАННЯ ФУНКЦІЇ ДИСПЕТЧЕРИЗАЦІЇ МАТЕРІАЛЬНИХ ПОТОКІВ НА БАЗІ ДИСКРЕТНО-СТОХАСТИЧНОГО ДИНАМІЧНОГО ПРОГРАМУВАННЯ	52
<i>В. А. Дружинин, И. Р. Пархомей, В. А. Паюн, Я. А. Кременецкая, А. Н. Ярыч</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МИЛЛИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА В СТРАТОСФЕРНЫХ СИСТЕМАХ СВЯЗИ	60
<i>І. В. Калініна, О. І. Лісовиченко</i> СИСТЕМИ АВТОРИЗАЦІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ РІЗНИХ МЕТОДІВ АУТЕНТИФІКАЦІЇ	78
<i>Д. О. Карасьов, А. В. Максимюк, А. И. Савицький</i> РОЗРОБКА МОДУЛЮ АВТОМАТИЗАЦІЇ ОФОРМЛЕННЯ ВІДПУСТОК НА БАЗІ МОДЕЛІ ПРОЦЕСІВ НАДАННЯ ВІДПУСТОК	86
<i>В. В. Михайленко</i> ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ПРОЦЕСІВ У ДВНАДЦЯТИПУЛЬСНОМУ ПЕРЕТВОРЮВАЧІ З ЧОТИРИЗОННИМ РЕГУЛЮВАННЯМ НАПРУГИ	96
<i>І. В. Мірошниченко, О. О. Гагарін, О. В. Баранюк</i> ОСНОВНІ ПАРАМЕТРИ АДАПТИВНИХ СИСТЕМ ОБРОБКИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДАНИХ	101
<i>І. Р. Пархомей, О. Е. Юшкевич</i> СТРУКТУРА СИСТЕМИ РАДІОВИМІРЮВАННЯ ІНФОРМАЦІЇ ЛОКАЦІЙНИМИ ЗАСОБАМИ	115

<i>М.Н. Полищук</i>	
МЕТОД КОМПЕНСАЦИИ ПОТЕРЬ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ РОБОТОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ	124
<i>А. Ю. Романенко, В. В. Олійник</i>	
УЗАГАЛЬНЕНА МОДЕЛЬ РОЗПІЗНАВАННЯ ГОЛОСОВИХ КОМАНД.....	130
<i>Д. С. Сергеев, А. В. Хіміч</i>	
ВИЗНАЧЕННЯ КАТЕГОРІЇ «ЗНАННЯ» ТА ЇЇ ВИКОРИСТАННЯ В ІНФОРМАЦІЙНИХ ПРИРОДНО-МОВНИХ ТЕХНОЛОГІЯХ.....	140
<i>В. Н. Смолий</i>	
КОМПЛЕКСИРОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРОННЫХ АППАРАТОВ РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ И УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ	147
<i>О.Р. Стародуб, В.В. Олійник</i>	
ГІБРИДНИЙ АЛГОРИТМ НАВЧАННЯ ANFIS – ПОДІБНИХ НЕЙРОМЕРЕЖ В ЗАДАЧАХ УПРАВЛІННЯ	164
<i>А. А. Стенин, О. И. Лисовиченко, А. С. Стенин</i>	
МЕТОД МНОГОМЕРНОЙ КЛАССИФИКАЦИИ ОБЪЕКТОВ В ЗАДАЧАХ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБРАЗОВ	170
<i>А.А. Стенин, Е.Ю. Мелкумян, С.А. Стенин</i>	
ОПТИМИЗАЦИЯ ВРЕДНЫХ ВЫБРОСОВ ПРЕДПРИЯТИЙ В ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ЗОНАХ ПРОМЫШЛЕННОГО РЕГИОНА	176
<i>Н. В. Федорова</i>	
КОНТРОЛЛЕР МУЛЬТИСЕРВИСНОЙ МАКРОСЕТИ КАК ЭЛЕМЕНТ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ	183
<i>С.І. Шаповалова, О.М. Бараніченко</i>	
ВДОСКОНАЛЕННЯ САМ-СИСТЕМ ДЛЯ НЕВЕЛИКИХ ВИРОБНИЦТВ.....	189

УДК (517.977.5)

Проектування мереж зв'язку з оптимальними системами управління / Пархомей І. Р., Гуменний Д. О. Ткач М. М., Паюн В. О., Бондар Є. О. // Міжвідомчий науково-технічний журнал «Адаптивні системи автоматичного управління». – 2017. – № 1 (30). – С. 3

Наведено принципи оптимального проектування систем управління Telecommunication Management Network (Система управління мережами операторів електрозв'язку) в двох основних режимах: стаціонарному і автоматичному (аварійному). При цьому задані статичні характеристики вхідного сигналу, а саме відомі область значень сигналу і характеристики перешкоди. Цей сигнал є результатом обміну інформацією між вхідними параметрами контрольованих об'єктів і Security Management System (Системою управління безпекою), яка відповідає за забезпечення безпеки роботи мережі. Запропоновано два методи (мінімінний і мінімаксний) знаходження рішень, що є адекватні для стаціонарного і автоматичного режиму відповідно. В результаті, мінімінний метод передбачає знаходження рішення аналітичним способом, а мінімаксний, методом ітерацій.

Ключові слова: Оптимальні системи, мінімаксно оптимальна система, мінімінно оптимальна система, комунікаційні мережі, TMN, SMS

Бібл. 5

УДК 621.396.96

Синтез і аналіз інформаційно-управляючих систем синхронізації засобів телекомунікацій / Ю. М. Бойко // Міжвідомчий науково-технічний журнал «Адаптивні системи автоматичного управління». – 2017. – № 1 (30). – С. 8

В роботі представлено результати синтезу та аналізу інформаційно-управляючих систем блоків синхронізації засобів телекомунікацій на основі поліфазних і багатофазних фільтруючих пристроїв. В схемі управління відбувається процедура виділення сигналу синхронізації від прийнятого сигналу, а помилка синхронізації усувається за допомогою контролера, який здійснює фазову оцінку яка визначає моменти інтерполяції для здійснення порозрядної синхронізації.

Ключові слова: інтерполяція, синхронізація, управління, фільтр, завадостійкість.

Бібл. 13, іл. 25

УДК 004.89:65.011.56

Підхід до побудови систем підтримки прийняття рішень для автоматизації процесів організації управління енергоринком / Борукаєв З. Х., Остапченко К. Б., Лісовиченко О. І. // Міжвідомчий науково-технічний журнал «Адаптивні системи автоматичного управління». – 2017. – № 1 (30). – С. 29

Метою даної роботи є подальше узагальнення й розвиток запропонованого підходу до побудови комп'ютерних систем організаційного керування на базі інформаційно-аналітичної системи моніторингу (ІАСМ), а також вибір і обґрунтування переходу до системи підтримки прийняття рішень і включення в її состав ІАСМ для побудови інтегрованої системи, орієнтованої на дослідження основних показників стану виробництва й економіки суб'єктів оптового ринку електроенергії (ОРЕ). Наведено результати дослідження вибору та особливостей застосування систем підтримки прийняття рішень для автоматизації процесів реалізації функціональних задач організаційного керування на ОРЕ.

Ключові слова: автоматизація, організаційне управління, оптовий ринок електроенергії, система підтримки прийняття рішень.

Бібл. 15, іл. 3

УДК 007.51

Інформаційний метод резервування системи оперативного управління гнучких виробничих систем на базі прихованих марківських моделей / Дзінько Р. І., Лісовиченко О. І. // Міжвідомчий науково-технічний журнал «Адаптивні системи автоматичного управління». – 2017. – № 1 (30). – С. 44

В даній роботі розглядається модель інформаційного методу резервування системи оперативного управління гнучкої виробничої системи, що базується на математичному апараті прихованих марківських моделей. Даний метод використовує приховані марківські моделі для відновлення інформації про стан гнучкої виробничої системи у випадку відмов в роботі компонентів інформаційної підсистеми.

Проведені експериментальні дослідження показали працездатність та ефективність розробленого методу інформаційного резервування. Також експерименти показали, що застосування розробленого методу призводить до зростання показників надійності всієї виробничої системи.

Ключові слова: система оперативного управління, приховані марківські моделі, інформаційне резервування, алгоритм, дискретно-поійне моделювання.

Бібл. 4, іл. 5, табл. 2

УДК 007.51

Моделювання функції диспетчеризації матеріальних потоків на базі дискретно-стохастичного динамічного програмування / Дзінько А. М., Ямпольський Л. С. // Міжвідомчий науково-технічний журнал «Адаптивні системи автоматичного управління». – 2017. – № 1 (30). – С. 52

В даній роботі розглядається моделювання функції диспетчеризації матеріальних потоків, побудованої на базі дискретно-стохастичного динамічного програмування. Дана функція використовує універсальну модель представлення ієрархічних багаторівневих логістичних систем для виконання управління матеріальними потоками в реальному часі в залежності від наявності нештатних ситуацій в роботі системи.

Проведені експериментальні дослідження показали працездатність та вищу ефективність синтезованої функції диспетчеризації у порівнянні з класичним методом прямої диспетчеризації (або методу «простих правил диспетчеризації»). Також експерименти показали, що розроблений метод більш ефективний при зростанні складності логістичної системи, де сам степінь складності може бути визначеним експериментальним шляхом.

Ключові слова: логістична система, мультиагентна система, інтелектуальний агент, дискретно-стахастичне динамічне програмування.

Бібл. 6, іл. 3, табл. 2

УДК 621.398.96

Використання міліметрового діапазону в стратосферних системах зв'язку / Дружинін В. А., Пархомей І. Р., Паюн В. А., Кременецька Я. А., Ярыч А. М. // Міжвідомчий науково-технічний журнал «Адаптивні системи автоматичного управління». -2017.- № 1 (30).-С. 60

Останнім часом відновилося зацікавлення фахівців зв'язку стратосферними системами внаслідок деяких їх переваг в порівнянні з наземними і супутниковими системами по топології розміщення приймально-передавального обладнання, а також завдяки сучасному розвитку інноваційних технологій. Наприклад, компанії Google и Facebook

для збільшення числа користувачів проводять випробування стратосферних ретрансляторів в проектах Project Loon і Internet.org з 2013 року. У даній роботі розглянуті принципи організації роботи стратосферних систем зв'язку, можливості реалізації таких проектів зв'язку. Показано, що застосування стратосферних ретрансляторів може істотно розширити частотний діапазон, що є нагальною проблемою сьогодні, розширити зони покриття, істотно підвищити швидкість передачі даних в результаті використання міліметрового діапазону, при цьому з високою енергоефективністю за рахунок використання сонячних накопичувачів і вертикальних каналів зв'язку. Зроблені оцінки зони покриття стратосферним ретранслятором, енергетичного бюджету вертикальної радіотраси на частоті 2,4 ГГц і в міліметровому діапазоні. Проаналізовано системні параметри для оцінки енергетичного потенціалу стратосферної радіолінії.

Приблизно з 2010 року знову поновилися інтереси у ІТ-компаній до стратосферних системам зв'язку, які мають переваги в порівнянні з наземними і супутниковими системами по топології розміщення ретрансляційного обладнання. Наприклад, компанії Google і Facebook з 2013 року запустили свої проекти Project Loon і Internet.org по випробуванню стратосферних платформ (по суті базових станцій), а з 2016 компанія Google проводить випробування в міліметровому діапазоні. Впровадженню таких проектів сприяв розвиток нових іноваційних технологій, особливо в області регенеративних енергетичних елементів, телекомунікаційного обладнання і нанотехнологій. Аналітики стверджують, що розвиток стратосферних систем зв'язку може значно змінити напрям розвитку телекомунікацій. Тому становить інтерес розглянути можливості реалізації проектів стратосферних систем зв'язку, які можуть істотно розширити частотний діапазон (є нагальною проблемою сьогодні) розширити зони покриття, істотно знизити вартість надання високошвидкісних телекомунікаційних послуг, при цьому з високою енергоефективністю за рахунок сонячних накопичувачів і вертикальних каналів зв'язку.

Ключові слова: стратосферні системи зв'язку, міліметровий діапазон, телекомунікації, частотний діапазон, зони покриття, висока енергоефективність, канал зв'язку.

Бібл. 11, іл. 8, табл. 1

УДК 004.042

Системи авторизації з використанням різних методів аутентифікації / Калініна І. В., Лісовиченко О. І. // Міжвідомчий науково-технічний журнал «Адаптивні системи автоматичного управління». - 2017.- № 1 (30).-С. 78

Розглянуто сучасні методи аутентифікації. Проведено порівняльний аналіз на базі визначених показників методів аутентифікації користувачів для підвищення безпеки доступу до систем авторизації і простори користування.

Виявлено основні переваги і недоліки методів аутентифікації. На основі проведеного аналізу можна зробити висновок, що надалі у міру зростання обчислювальних потужностей все більш затребуваним буде саме вживання систем комплексної (одночасне використання двох і більше методів) аутентифікації для систем авторизації.

Для простоти користування до систем авторизації є метод відбитку пальця: відбиток пальця + смарт-карта; відбиток пальця + USB-ключі, так як метод відбитку пальця найбільш вивчений метод розпізнавання, простий та зручний для сканування, найнижча ціна серед біометричних систем ідентифікації.

Підвищення безпеки доступу систем авторизації досягається використанням біоелектронних систем, що дозволить одночасно зменшити помилок першого і другого роду та спуфінг-загроз.

В результаті комбінування методів аутентифікації суттєво збільшується кількість ідентифікаційних ознак і тим самим підвищується безпека доступу до систем авторизації.

Ключові слова: системи авторизації; методи аутентифікації; безпека доступу до систем авторизації; біометрична ідентифікація; паролі; PIN-коди; карти; токери; комбіновані методи.

Бібл. 7, іл. 1, табл. 1

УДК 004.42

Розробка модулю автоматизації оформлення відпусток на базі моделі процесів надання відпусток / Карасьов Д. О., Максимюк А. В., Савицький А. І. // Міжвідомчий науково-технічний журнал «Адаптивні системи автоматичного управління». -2017.- № 1 (30).-С. 86

В сучасному навчальному закладі кадрове діловодство є важливим елементом в управлінні персоналом.

В даній статті був проведений аналіз задачі оформлення відпусток, на базі якого були спроектовані моделі бізнес-процесів надання відпусток за допомогою методології SADT. Для вирішення поставлених задач згідно чинного законодавства був розроблений автоматизований модуль “Відпустки” для ПТК “ОК ВНЗ”.

Також представлені результати аналізу процесів надання відпусток працівникам вищого навчального закладу, розкрита декомпозиція функціонального забезпечення автоматизованої інформаційної системи, розроблений автоматизований модуль “Відпустки” для програмно-технологічного комплексу “ОК ВНЗ”.

Ключові слова: методологія SADT, бізнес-процес, відпустки, автоматизація, ПТК «ОК ВНЗ».

Бібл. 8, іл. 6.

УДК 621.3.011.74.005

Дослідження електромагнітних процесів у дванадцятипульсному перетворювачі з чотиризонним регулюванням напруги / Михайленко В. В. // Міжвідомчий науково-технічний журнал «Адаптивні системи автоматичного управління». -2017.- № 1 (30).-С. 96

У статті проведено аналіз електромагнітних процесів в електричних колах з напівпровідниковими комутаторами. Створено математичну модель дванадцятипульсного напівпровідникового перетворювача з чотиризонним регулюванням вихідної напруги для аналізу електромагнітних процесів у напівпровідникових перетворювачах з широтно-імпульсним регулюванням. Наведено графіки, що відображають електромагнітні процеси у електричних колах. Математична модель напівпровідникового перетворювача також використовується для дослідження перехідних процесів у напівпровідникових перетворювачах з активно-індуктивним навантаженням. Розвинуто метод багатопараметричних функцій, які входять до алгоритмічних рівнянь аналізу усталених і перехідних процесів у розгалужених електричних колах з напівпровідниковими комутаторами і реактивними елементами, в напрямку урахування особливостей використання фазних і лінійних напруг мережі електроживлення. Розроблено нову математичну модель усталених і перехідних процесів у електричних колах напівпровідникових перетворювачів модуляційного типу з багатоканальним зонним використанням фазних напруг трифазної мережі

живлення без урахування втрат електроенергії у комутаторах для швидкої оцінки впливу параметрів навантаження на характеристики регульованих синусоїдних і постійних напруг. Результати цієї роботи можна використати для розвитку методу багатопараметричних модулюючих функцій для спрощення аналізу перехідних процесів у електричних колах без врахування втрат у ключових елементах.

Ключові слова: електромагнітні процеси, вихідні напруга та струм.
Бібл. 4, іл. 3

УДК 621.38; 536.5

Основні параметри адаптивних систем обробки експериментальних даних / Мірошниченко І. В., Гагарін О. О., Баранюк О. В. // Міжвідомчий науково-технічний журнал «Адаптивні системи автоматичного управління». -2017.- № 1 (30).-С. 101

Оптимізація адаптивної систем обробки експериментальних даних зводиться до отримання аналітичної залежності для цільових функцій (наприклад, для погрешностей вимірювань); знаходженню спів-відношень для задач оптимізації; ухвалення рішення по одному з вибраних критеріїв. Для оцінки ефективності адаптивної системи необхідно перебачити сумісний аналіз ефекту від її застосування при виконанні сукупності умов, що реалізують прийняті принципи і витрат різного роду на його досягнення. Для автоматизованих систем обробки експериментальних даних необхідно в алгоритми і “метал” закладати можливості адаптації по швидкості обробки, підвищенню точності та ін. Користувачам повинна бути надана можливість зміни взаємодії з системою в залежності як від параметрів вхідних даних, що підлягають обробці за фіксованими або змінними програмами, так і від стану бази даних по конкретній наочній області.

Бібл. 4, іл. 2

УДК 621.369.96

Структура системи радіовимірювання інформації локаційними засобами / Пархомей І. Р., О. Е. Юшкевич // Міжвідомчий науково-технічний журнал «Адаптивні системи автоматичного управління». – 2017.- № 1 (30).-С. 115

Розглянуто математичну модель, яка описує процес функціонування системи радіобачення з багатопозиційним прийомом інформації

в умовах складної сигнально-завадової обстановки, що дозволяє проводити кількісні оцінки ефективності обробки сигналів.

Визначена структура моделі СРБ з багатопозиційним прийомом РЛІ БРЛЗ групи радіокерованих ДПЛА дозволяє проводити кількісні оцінки ефективності обробки сигналів в залежності від геометрії польоту ДПЛА, технічних характеристик окремих елементів системи, умов поширення радіохвиль в процесі формування результуючого радіолокаційного сигналу.

Запропонована структура визначеної СРБ дозволяє значно спростити апаратну частину БРЛЗ окремої ДПЛА системи.

Структура системи дозволяє забезпечити необхідну швидкодію спеціального процесора формування сумарної ДС у СРБ за рахунок реалізації паралельного обчислювального процесу значення сигналу на виході синтезованої антенної решітки у визначені проміжки часу.

Ключові слова: система радіобачення з багатопозиційним прийомом інформації, синтезована антена решітка, роздільна здатність.

Бібл. 7, іл. 4

УДК 621.865.8

Метод компенсації втрат продуктивності робототехнологічних комплексів / Поліщук М. М. // Міжвідомчий науково-технічний журнал «Адаптивні системи автоматичного управління». -2017.- № 1 (30).- С. 124

Запропоновано метод компенсації втрат продуктивності автоматизованого встаткування, заснований на узгодженні обсягів міжопераційних накопичувачів і циклової продуктивності комплексу. Метод дозволяє мінімізувати обсяги незавершеного виробництва й, тим самим, підвищити фондівіддачу виробничих площ і роботизованих комплексів.

Робототехнологічним комплексам, що входять до складу гнучких виробничих систем, на відміну від жорстких автоматизованих систем, властивий дисбаланс операційного часу по окремих робочих позиціях внаслідок різного ступеня концентрації технологічних операцій. Узгодження обсягу міжопераційних накопичувачів і циклової продуктивності дозволяє зменшити простій устаткування й підвищити ефективність його експлуатації.

Ключові слова: роботизовані комплекси, автоматизація технологічних процесів, гнучкі виробничі системи

Бібл. 3, іл. 2

УДК 004.522

Узагальнена модель розпізнавання голосових команд / Романенко А. Ю., Олійник В. В. // Адаптивні системи автоматичного управління. -2017.- № 1(30).-С. 130

У статті показано актуальність теми розпізнавання мови у зв'язку з ростом об'ємів ринку, пов'язаного з цією технологією. Базовою та однією з найважливіших задач з області розпізнавання мови є задача розпізнавання голосових команд. Суть цієї задачі полягає у тому, що потрібно перетворити обмежений тишею набір звуків, який відповідає одному слову, у текст.

Існує багато систем та моделей вирішення цієї задачі та задач розпізнавання мови. Але для практичного використання при розробці нової системи розпізнавання голосових команд або порівнянні елементів та модифікації існуючої ці моделі вимагають доопрацювання.

Запропонована модель має модульну будову та покликана усунути недоліки існуючих систем. Модель складається з блоків, що вирішують важливі підзадачі, з точки зору задачі розпізнавання голосових команд. Функції блоків детально описані в статті.

Вищезгадана модель використовується автором для створення власної системи розпізнавання голосових команд. Модель знижує поріг входження, необхідний для розробки нової системи та полегшує порівняння існуючих систем.

Ключові слова: розпізнавання мови, голосові команди, модель, звукова хвиля, виділення ознак, розпізнавання фонем, розпізнавання слова.

Бібл. 6, іл. 1

УДК 004.82

Визначення категорії «знання» та її використання в інформаційних природно-мовних технологіях / Сергеев Д. С., Хіміч А. В. // Міжвідомчий науково-технічний журнал «Адаптивні системи автоматичного управління». -2017.- № 1 (30).-С. 140

У даній статті розглянуто деякі проблеми, що виникають в процесі виділенні знань з повідомлень природно-мовного тексту і зумовлені його сильною зв'язністю та складністю структури.

У першій частині статті проаналізовано проблему нерозривності знань природно-мовного тексту та розглянуто спосіб її вирішення шляхом використання кванту знань — базової структури, що відповідає окремій ситуації образного рівня.

У другій частині розглянуто способи вирішення проблеми, що виникають при аналізі повідомлення, яке містить зовнішній контекст. На основі отриманих даних сформовано алгоритм, що дозволяє виділяти знання з тексту як сукупності таких повідомлень, і наведено приклад його роботи на реальних даних.

Використання запропонованого підходу дозволяє покращити якість роботи природно-мовних баз знань шляхом зведення задачі аналізу текстів до детермінованих алгоритмів, що може бути використано у пошукових системах, експертних системах та інших інформаційних природно-мовних технологіях.

Бібл. 5

УДК 681.5

Комплексування технічних засобів виробництва електронних апаратів різного призначення і умов експлуатації / Смолій В. М. // Міжвідомчий науково-технічний журнал «Адаптивні системи автоматичного управління». -2017.- № 1 (30).-С. 147

Сформований комплекс технічних засобів для технологічного процесу виробництва блоків електронних апаратів, який дозволяє впровадити нові науково-дослідні результати у виробництво. Запропонований критерій якості технологічного процесу виробництва блоку електронного апарату, що зв'язує надійність виробу, що випускається, з його механічними, технічними і економічними параметрами.

Бібл. 16, іл. 15., табл. - 1.

УДК 004-021

Гібридний алгоритм навчання ANFIS-подібних нейромереж в задачах управління / Стародуб О. Р., Олійник В.В. // Адаптивні системи автоматичного управління. -2017.- № 1(30).-С. 164

У статті показано актуальність використання нейро-нечітких мереж, для вирішення складних задач управління. Нейро-нечіткі мережі поєднують у собі математичний апарат нечіткої логіки та можливості нейромереж, що дозволяє поєднати підходи до управління на основі знань з машинним навчанням. Однією з таких мереж є ANFIS мережа.

Однією з головних особливостей ANFIS мережі є чітко виражені функції кожного з шарів мережі (фазифікація, розрахунок істинності правил, нормалізація істинності правил, розрахунок значень нечітких

правил, генерація результату). При цьому, лише перший та четвертий шари мережі підлягають навчанню.

В запропонованому алгоритмі навчання, параметри першого шару мережі визначаються за допомогою експертного підходу. Після чого, проводиться ітеративне навчання першого та четвертого шарів мережі за допомогою генетичного алгоритму (починаючи з четвертого шару). Використання даного алгоритму, дозволяє досить швидко, та з високим шансом досягти необхідної точності при навчанні ANFIS-подібних мереж для вирішення складних задач управління

Ключові слова: нейронна мережа, ANFIS, нейро-нечіткий контролер, гібридне навчання, ітеративне навчання.

Бібл. 5, іл. 1

УДК 658.62.018

Метод багатовимірної класифікації об'єктів в задачах розпізнавання образів / О.А.Стенін, О.І.Лісовиченко, О.С.Стенін // Міжвідомчий науково-технічний журнал «Адаптивні системи автоматичного управління». -2017.- № 1 (30).-С. 170

У загальному випадку, об'єкти характеризуються досить великою кількістю ознак, що мають різну (як правило, відносно невелику) інформативність. Ознаки часто пов'язані з прогнозованим номером класу об'єкта нелінійними зв'язками, що не дозволяє в більшості випадків побудувати лінійну модель для класифікації за однією ознакою, що задовольняє заданим вимогам достовірності розпізнавання. Тому метод класифікації має бути багатовимірним (враховувати всі ознаки) і повинен враховувати інформативність (значимість) ознак.

В якості такого методу класифікації в даній статті запропонований евристичний метод багатовимірної класифікації, що представляє собою об'єднання результатів одновимірних класифікацій з урахуванням значущості ознак. Слід сказати, що методи розпізнавання, засновані на використанні евристичних методів, не завжди призводять до оптимальних рішень. Однак підбором найбільш інформативних ознак, а також застосуванням відповідних способів поліпшення оператора - класифікатора, вдається вирішити цю проблему.

Ключові слова: клас об'єктів, ознаки класу, сигмоїдна функція, навчальна вибірка, багатовимірна класифікація, оператор - класифікатор

Бібл. 6

УДК 519.6

Оптимізація шкідливих викидів підприємств в екологічних зонах промислового регіону / Стенін О.А., Мелкумян К.Ю., Стенин С.О. // Міжвідомчий науково-технічний журнал «Адаптивні системи автоматичного управління». -2017.- № 1 (30).-С. 176

Збільшення викидів шкідливих хімічних речовин діючими промисловими підприємствами, що забруднюють довкілля, призводить до порушення екологічної рівноваги. Хоча ці забруднення носять локальний характер, вони зачіпають багато людей, що компактно проживають на таких територіях. Основними заходами боротьби із забрудненням атмосфери є: строгий контроль викидів шкідливих речовин, заміна токсичних продуктів на нетоксичні, перехід на замкнуті цикли, вдосконалення методів газоочищення і пиловловлювання і ін. У цій статті для оптимізації викидів підприємств в екологічних зонах промислового регіону запропонований метод суперпозиції для вирішення елементарних завдань шляхом зведення основного завдання до завдання лінійного програмування, яке може бути вирішене стандартними чисельними процедурами.

Ключові слова: атмосферні викиди, рівняння Нав'є-Стокса, екологічна зона, інтенсивність забруднення, розрахунковий функціонал, лінійне програмування.

Бібл. 6.

УДК 621.373-187.4; 621.39.072.9

Контролер мультисервісної макромережі як елемент системи управління / Федорова Н.В// Міжвідомчий науково-технічний журнал «Адаптивні системи автоматичного управління». -2017.- № 1 (30).-С. 183

З розвитком мобільних мереж та їх адаптацією до новим типів пристроїв і послуг до них висуваються нові й різноманітні вимоги. При цьому, підхід «одна технологія для всіх» не може бути ефективним для забезпечення зростаючого числа різноманітних вимог зі сторони бізнесу, суспільства й окремих користувачів. Прозора інтеграція існуючих й нових технологій буде сприяти підвищенню якості користувацького досвіду та появі цілого ряду нових послуг. Активний розвиток й функціонування технологій, що поєднують суспільство в єдиний простір, сприяє та веде до створення мультисервісної макромережі оператора.

Основна відмінність мереж наступного покоління від традиційних мереж в тому, що вся інформація, що циркулює в мережі, розбита на дві складові: сигнальна інформація, що забезпечує комутацію абонентів і надає послуги; й безпосередньо користувальницькі дані, що вміщують в собі корисне навантаження, що призначене абоненту (голос, відео, данні).

При інтеграції в існуючу мережу оператора, важливим критерієм є модель управління даною мережею – з'являється багаторівнева система управління.

Ключові слова: технології 2G, 3G, 4G та 5G, мультисервісна макромережа, управління мультисервісною макромережею, чотирирівнева система управління, контролер мультисервісної макромережі.

Бібл. 5, іл. 3, табл. 2

УДК 004.42::621.9

Вдосконалення САМ-систем для невеликих виробництв / Шаповалова С. І., Бараніченко О. М. // Міжвідомчий науково-технічний журнал «Адаптивні системи автоматичного управління». -2017.- № 1 (30).- С. 189

Програмним забезпеченням, яке створює керуючі програми для верстатів з ЧПК, є САМ-системи. Існуючі складні САМ-системи не завжди доцільно використовувати для малосерійного виробництва через надлишковий функціонал. Простіші САМ-системи, як правило, відрізняються недостатнім функціоналом та неоптимальністю коду керуючих програм. В статті показана необхідність вдосконалення засобу програмування верстатів з ЧПК, представлено результати дослідження з визначення необхідних функціональних характеристик САМ-систем, пристосованих саме для невеликих виробництв. Також визначено критерії оптимізації коду керуючих програм. Запропоновано систему PowerCAM, вдосконалену за набором функцій, представленням графічного інтерфейсу користувача та оптимізацією генерації керуючого коду. Наведено приклад роботи PowerCAM для порівняння з аналогічними системами.

Ключові слова: САМ-система, керуюча програма верстатів з ЧПК.

Бібл. 8, іл. 2, табл. 1

УДК (517.977.5)

Проектирование сетей связи с оптимальными системами управления / Пархомей И. Р., Гуменный Д. А. Ткач М. М., Паюн В. А., Бондар Э. А. // Межведомственный научно-технический журнал «Адаптивные системы автоматического управления». -2017.- № 1 (30).-С. 3

Приведены принципы оптимального проектирования систем управления Telecommunication Management Network (Система управления сетями операторов электросвязи) в двух основных режимах: стационарном и автоматическом (аварийном). При этом заданы статические характеристики входного сигнала, а именно известны область значений сигнала и характеристики помехи. Этот сигнал является результатом обмена информации между входными параметрами контролируемых объектов и Security Management System (Система управления безопасностью), которая отвечает за обеспечение безопасности работы сети. Предложено два метода (миниминный и минимаксный) нахождения решений, адекватные стационарному и автоматическому режимам соответственно. В результате, миниминный метод предполагает нахождение решения аналитическим способом, а минимаксный, методом итераций.

Ключевые слова: Оптимальные системы, минимаксно оптимальная система, миниминно оптимальная система, коммуникационные сети, TMN, SMS

Библ. 5.

УДК 621.396.96

Синтез и анализ информационно-управляющих систем синхронизации средств телекоммуникаций / Ю.Н. Бойко // Межведомственный научно-технический журнал «Адаптивные системы автоматического управления». – 2017. – № 1 (30).-С. 8

В работе представлены результаты синтеза и анализа информационно-управляющих систем синхронизации средств телекоммуникаций на основе полифазных и многофазных фильтрующих устройств. В схеме управления происходит процедура выделения сигнала синхронизации от принимаемого сигнала, а ошибка синхронизации устраняется при помощи контроллера, который осуществляет фазовую оценку определяющую моменты интерполяции для осуществления поразрядной синхронизации.

Ключевые слова: интерполяция, синхронизация, управление, фильтр, помехоустойчивость.

Библ. 13, ил. 25

УДК 004.89:65.011.56

Подход к построению систем поддержки принятия решений для автоматизации процессов организационного управления энергорынком / Борукаев З. Х., Остапченко К. Б., Лисовиченко О. И. // Межведомственный научно-технический журнал «Адаптивные системы автоматического управления». -2017.- № 1 (30).-С. 29

Целью данной работы является дальнейшее обобщение и развитие предложенного подхода к построению компьютерных систем организационного управления на базе информационно-аналитической системы мониторинга (ИАСМ), а также выбор и обоснование перехода к системе поддержки принятия решений и включение в ее состав ИАСМ для построения интегрированной системы, ориентированной на исследование основных показателей состояния производства и экономики субъектов оптового рынка электроэнергии (ОРЭ). Приведены результаты исследования выбора и особенностей применения систем поддержки принятия решений для автоматизации процессов реализации функциональных задач организационного управления на ОРЭ.

Библ. 15, ил. 3

УДК 007.51

Информационный метод резервирования системы оперативного управления гибких производственных систем на базе скрытых марковских моделей / Дзинько Р. И., Лисовиченко О. И. // Межведомственный научно-технический журнал «Адаптивные системы автоматического управления». – 2017. – № 1 (30). – С. 44

В данной работе рассматривается модель информационного метода резервирования системы оперативного управления гибкой производственной системы, который базируется на математическом аппарате скрытых марковских моделей. Данный метод использует скрытые марковские модели для восстановления информации о состоянии гибкой производственной системы в случае отказов в работе компонентов информационной подсистемы.

Проведенные экспериментальные исследования показали работоспособность и эффективность разработанного метода информационного резервирования. Также эксперименты показали, что применение разработанного метода приводит к росту показателей надежности всей производственной системы.

Ключевые слова: система оперативного управления, скрытые марковские модели, информационное резервирования, алгоритм, дискретно-событийное моделирование.

Библ. 4, ил. 5, табл. 2

УДК 007.51

Моделирование функции диспетчеризации материальных потоков на базе дискретно-стохастического динамического программирования / Дзинько А. М., Ямпольский Л. С. // Межведомственный научно-технический журнал «Адаптивные системы автоматического управления». – 2017. – № 1 (30). – С. 52

В данной работе рассматривается моделирование функции диспетчеризации материальных потоков, построенной на базе дискретно-стохастического динамического программирования. Данная функция использует универсальную модель представления иерархических многоуровневых логистических систем для выполнения управления материальными потоками в реальном времени в зависимости от наличия нештатных ситуаций в работе системы.

Проведенные экспериментальные исследования показали работоспособность и более высокую эффективность синтезированной функции диспетчеризации по сравнению с классическим методом прямой диспетчеризации (или метода «простых правил диспетчеризации»). Также эксперименты показали, что разработанный метод более эффективен при росте сложности логистической системы, где сама степень сложности может быть определена экспериментальным путем.

Ключевые слова: логистическая система, мультиагентная система, интеллектуальный агент, дискретно-стохастичне динамическое программирование.

Библ. 6, ил. 3, табл. 2

УДК 621.398.96

Использование миллиметрового диапазона в стратосферных системах связи / Дружинин В. А., Пархомей И. Р., Паюн В. А., Кремецкая Я. А., Ярыч А. Н. // Межведомственный научно-технический журнал «Адаптивные системы автоматического управления». -2017.- № 1 (30).-С. 60

В последнее время возобновилась заинтересованность специалистов связи стратосферными системами вследствие их некоторых их

преимуществ в сравнении с наземными и спутниковыми системами по топологии размещения приемо-передающего оборудования, а также благодаря современному развитию инновационных технологий. Например, компании Google и Facebook для увеличения числа пользователей проводят испытания стратосферных ретрансляторов в проектах Project Loon и Internet.org с 2013 года. В данной работе рассмотрены принципы организации работы стратосферных систем связи, возможности реализации таких проектов связи. Показано, что применение стратосферных ретрансляторов может существенно расширить частотный диапазон, что является насущной проблемой сегодня, расширить зоны покрытия, существенно повысить скорость передачи данных в результате использования миллиметрового диапазона, при этом с высокой энергоэффективностью за счет использования солнечных накопителей и вертикальных каналов связи. Произведены оценки зоны покрытия стратосферным ретранслятором, энергетического бюджета вертикальной радиотрассы на частоте 2,4 ГГц и в миллиметровом диапазоне. Проанализированы системные параметры для оценки энергетического потенциала стратосферной радиолинии.

Приблизительно с 2010 года вновь возобновились интересы у IT-компаний к стратосферным системам связи, которые имеют преимущества в сравнении с наземными и спутниковыми системами по топологии размещения ретрансляционного оборудования. Например, компании Google и Facebook с 2013 года запустили свои проекты Project Loon и Internet.org по испытанию стратосферных платформ (по сути базовых станций), а с 2016 компания Google проводит испытания в миллиметровом диапазоне. Внедрению таких проектов способствовало развитие новых инновационных технологий, особенно в области регенеративных энергетических элементов, телекоммуникационного оборудования и нанотехнологий. Аналитики утверждают, что развитие стратосферных систем связи может значительно изменить направление развития телекоммуникаций. Поэтому представляет интерес рассмотреть возможность реализации проектов стратосферных систем связи, которые могут существенно расширить частотный диапазон (является насущной проблемой сегодня), расширить зоны покрытия, существенно снизить стоимость предоставления высокоскоростных телекоммуникационных услуг, при этом с высокой энергоэффективностью за счет солнечных накопителей и вертикальных каналов связи.

Ключевые слова: стратосферные системы связи, миллиметровый

диапазон, телекоммуникации, частотный диапазон, зоны покрытия, высокая энергоэффективность, канал связи.

Библ. 11, ил. 8, табл. 1

УДК 004.042

Системы авторизации с использованием разных методов аутентификации / Калинина И. В., Лисовиченко А. И. // Межведомственный научно-технический журнал «Адаптивные системы автоматического управления». -2017.- № 1 (30).-С. 78

Рассмотрены современные методы аутентификации. Проведен сравнительный анализ на базе определенных показателей методов аутентификации пользователей для повышения безопасности доступа к системам авторизации и пространства пользования.

Выявлены основные преимущества и недостатки методов аутентификации.

На основе проведенного анализа можно сделать вывод, что в дальнейшем по мере роста вычислительных мощностей все более востребованным будет именно применение систем комплексной (одновременное использование двух и более методов) аутентификации для систем авторизации.

Для простоты пользования к системам авторизации является метод отпечатка пальца: отпечаток пальца + смарт-карта; отпечаток пальца + USB-ключи, так как метод отпечатка пальца наиболее изученный метод распознавания, простой и удобный для сканирования, самая низкая цена среди биометрических систем идентификации.

Повышение безопасности доступа систем авторизации достигается использованием биоэлектронных систем, что позволит одновременно уменьшить ошибок первого и второго рода и спуфинг-угроз.

В результате комбинирования методов аутентификации существенно увеличивается количество идентификационных признаков и тем самым повышается безопасность доступа к системам авторизации.

Ключевые слова: системы авторизации; методы аутентификации; безопасность доступа к системам авторизации биометрическая идентификация; пароли; PIN-коды; карты; токеры; комбинированные методы.

Библ. 7, ил. 1, табл. 1

УДК 004.42

Разработка модуля автоматизации оформления отпусков на базе модели процессов предоставления отпусков / Карасёв Д. А., Максимюк

А. В., Савицкий А. И. // Межведомственный научно-технический журнал «Адаптивные системы автоматического управления». –2017.– № 1 (30).–С. 86

В современном учебном заведении кадровое делопроизводство является важным элементом в управлении персоналом.

В данной статье был проведен анализ задачи оформления отпуска, на базе которого были спроектированы модели бизнес-процессов предоставления отпусков с помощью методологии SADT. Для решения поставленным задач согласно действующего законодательства был разработан автоматизированный модуль «Отпуска» для ПТК «УК ВУЗ».

Также предоставлены результаты анализа процессов предоставления отпусков сотрудникам высшего учебного заведения, раскрыта декомпозиция функционального обеспечения автоматизированной информационной системы, разработан автоматизированный модуль «Отпуска» для программно-технологического комплекса «УК ВУЗ».

Ключевые слова: методология SADT, бизнес-процесс, отпуска, автоматизация, ПТК «УК ВУЗ».

Библ. 8, ил. 6.

УДК 621.3.011.74.005

Исследование электромагнитных процессов в двенадцатипульсном преобразователе с четырехрезонным регулированием напряжения / Михайленко В. В. // Межведомственный научно-технический журнал «Адаптивные системы автоматического управления». -2017.- № 1 (30).-С. 96

В статье проведено анализ электромагнитных процессов в электрических цепях с полупроводниковыми коммутаторами. Создана математическую модель двенадцатипульсного полупроводникового преобразователя с четырехрезонным регулированием выходного напряжения для анализа электромагнитных процессов в полупроводниковых преобразователях с широтно-импульсным регулированием. Показано графики, что электромагнитные процессы в электрических цепях. Математическая модель полупроводникового преобразователя также используется для исследования переходных процессов в полупроводниковых преобразователях с активно-индуктивной нагрузкой. Развит метод многопараметрических функций, какие входят в алгоритмические уравнения анализа установившихся и переходных процессов в

разветвленных электрических цепях с полупроводниковыми коммутаторами и реактивными элементами, в направлении учета особенностей использования фазных и линейных напряжений сети электропитания. Разработано новую математическую модель установившихся и переходных процессов в электрических цепях полупроводниковых преобразователей модуляционного типа с многоканальным зонным использованием фазных напряжений трехфазной сети питания без учета потерь электроэнергии в коммутаторах для быстрой оценки влияния параметров нагрузки на характеристики регулированных синусоидальных и постоянных напряжений. Результаты этой работы можно использовать для развития метода многопараметрических модулирующих функций для упрощения анализа переходных процессов в электрических цепях без учета потерь в ключевых элементах.

Ключевые слова: электромагнитные процессы, выходное напряжение и ток.

Библ. 4, ил. 3

УДК 621.38; 536.5

Основные параметры адаптивных систем обработки экспериментальных данных / Мирошниченко И. В., Гагарин А. А., Баранюк А. В. // Межведомственный научно-технический журнал «Адаптивные системы автоматического управления». -2017.- № 1 (30).-С. 101

Оптимизация адаптивной системы обработки экспериментальных данных сводится к получению аналитических зависимостей для целевых функций (например, погрешности измерений); нахождению соотношений для задач оптимизации; принятия решения по одному из выбранных критериев. Для оценки эффективности адаптивной системы необходим совместный анализ эффекта от её применения при выполнении совокупности условий, реализующих принятые принципы и затрат различного вида на их достижение. Для автоматизированных систем обработки экспериментальных данных необходимо в алгоритм и “металл” закладывать возможности адаптации по скорости обработки, повышению точности и т.д. Пользователям систем должна быть обеспечена возможность смены взаимодействия с системой как от вида параметров входных данных, подлежащих обработке по фиксированным программам, так и от состояния базы данных по конкретной проблемной области.

Библ. 4, ил. 2

УДК 621.369.96

Структура системы радиоизмерения информации локационными средствами / Пархомей И. Р., А. Э. Юшкевич // Межведомственный научно-технический журнал «Адаптивные системы автоматического управления». -2017.- № 1 (30).-С. 115

Рассмотрена математическая модель, которая описывает процесс функционирования системы радиовидения с многопозиционным приемом информации в условиях сложной сигнально-помеховой обстановки, что позволяет проводить количественные оценки эффективности обработки сигналов.

Представленная структура модели СРВ с многопозиционным приемом РЛИ БРЛС группы радиоуправляемых ДПЛА позволяет проводить количественные оценки эффективности обработки сигналов в зависимости от геометрии полета ДПЛА, технических характеристик отдельных элементов системы, условий распространения радиоволн в процессе формирования результирующего траекторного сигнала.

Предложенная структура СРВ позволяет значительно упростить аппаратную часть БРЛС отдельно взятой ДПЛА системы.

Структура системы позволяет обеспечить необходимое быстродействие специального процессора формирования суммарной ДН в СРВ за счет реализации параллельного вычислительного процесса значения сигнала на выходе синтезированной антенной решетки в определенные промежутки времени.

Ключевые слова: система радиовидения с многопозиционным приемом информации, синтезированная антенная решетка, разрешающая способность.

Библ. 7, ил. 4

УДК 621.865.8

Метод компенсации потерь производительности робототехнологических комплексов / Полищук М. Н. // Межведомственный научно-технический журнал «Адаптивные системы автоматического управления». -2017.- № 1 (30).-С. 124

Предложен метод компенсации потерь производительности автоматизированного оборудования, основанный на согласовании объемов межоперационных накопителей и цикловой производительности ком-

плекса. Метод позволяет минимизировать объемы незавершенного производства и, тем самым, повысить фондоотдачу производственных площадей и роботизированных комплексов.

Робототехнологическим комплексам, входящим в состав гибких производственных систем, в отличие от жестких автоматизированных систем, свойственен дисбаланс операционного времени по отдельным рабочим позициям вследствие различной степени концентрации технологических операций. Согласование объема межоперационных накопителей и цикловой производительности позволяет уменьшить простой оборудования и повысить эффективность его эксплуатации.

Ключевые слова: роботизированные комплексы, автоматизация технологических процессов, гибкие производственные системы

Библ. 3, ил. 2

УДК 004.522

Обобщенная модель распознавания голосовых команд / Романенко А. Ю., Олейник В. В. // Адаптивные системы автоматического управления. -2017.- № 1(30) .- С. 130

В статье показана актуальность темы распознавания речи в связи с ростом объемов рынка, связанного с этой технологией. Базовой и одной из важнейших задач из области распознавания речи является задача распознавания голосовых команд. Суть этой задачи заключается в том, что нужно превратить ограниченный тишиной набор звуков, который соответствует одному слову, в текст.

Существует много систем и моделей для решения этой задачи и задачи распознавания речи. Но для практического использования при разработке новой системы распознавания голосовых команд или сравнении элементов и модификации существующей эти модели требуют доработки.

Предложенная модель имеет модульное строение и призвана устранить недостатки существующих систем. Модель состоит из блоков, решают важные подзадачи, с точки зрения задачи распознавания голосовых команд. Функции блоков подробно описаны в статье.

Вышеупомянутая модель используется автором для создания собственной системы распознавания голосовых команд. Модель снижает порог вхождения, необходимый для разработки новой системы и облегчает сравнение существующих систем.

Ключевые слова: распознавание речи, голосовые команды, модель,

звуковая волна, выделение признаков, распознавания фонем, распознавания слова.

Библ. 6, ил. 1

УДК 004.82

Определение категории «знание» и ее использования в информационных естественно-языковых технологиях / Сергеев Д. С., Химич А. В. // Межведомственный научно-технический журнал «Адаптивные системы автоматического управления». -2017.- № 1 (30).-С. 140

В данной статье рассмотрены некоторые проблемы, возникающие в процессе выделения знаний из естественно-языкового текста, которые обусловлены его сильной связностью и сложностью структуры.

В первой части статьи проанализирована проблема неразрывности знаний естественно-языкового текста и представлен способ ее решения путем использования кванта знаний - базовой структуры, соответствующей отдельной ситуации образного уровня.

Во второй части предложены способы решения проблемы, возникающей при анализе сообщения, содержащего внешний контекст. На основании полученных данных сформирован алгоритм, позволяющий выделять знания из текста как совокупности таких сообщений и приведен пример его работы на реальных данных.

Использование предложенного подхода позволяет улучшить качество работы естественно-языковых баз знаний путем сведения задачи анализа текстов к детерминированным алгоритмам, что может быть использовано в поисковых системах, экспертных системах и других информационных естественно-языковых технологиях.

Ключевые слова: естественно-языковой текст, база знаний, лингвистический процессор, базовая семантико-синтаксическая структура, квант знаний.

Библ. 5

УДК 681.5

Комплексирование технических средств производства электронных аппаратов различного назначения и условий эксплуатации / Смолий В. Н. // Межведомственный научно-технический журнал «Адаптивные системы автоматического управления». -2017.- № 1 (30).-С. 147

Сформирован комплекс технических средств для технологического процесса производства блоков электронных аппаратов, позволяющий внедрить новые научно-исследовательские результаты в производство. Пред-

ложен критерий качества технологического процесса производства блока электронного аппарата, связывающий надежность выпускаемого изделия с его механическими, техническими и экономическими параметрами.

Библ. 16, ил. 15., табл. - 1.

УДК 004.021

Гибридный алгоритм обучения ANFIS-подобных нейросетей в задачах управления / Стародуб А. Р., Олейник В.В. // Адаптивні системи автоматичного управління. -2017.- № 1(30).-С. 164

В статье показана актуальность использования нейро-нечетких сетей для решения сложных задач управления. Нейро-нечеткие сети сочетают в себе математический аппарат нечеткой логики и возможности нейронных сетей, что позволяет объединить подходы к управлению на основе знаний с машинным обучением. Одной из таких сетей является ANFIS сеть

Одной из главных особенностей ANFIS сети четко выражены функции каждого из слоев сети (фазификация, расчет истинности правил, нормализация истинности правил, расчет значений нечетких правил, генерация результата). При этом, только первый и четвертый слои сети подлежат обучению.

В предлагаемом алгоритме обучения, параметры первого слоя сети определяются с помощью экспертного подхода. После чего, проводится итеративное обучения первого и четвертого слоев сети с помощью генетического алгоритма (начиная с четвертого слоя). Использование данного алгоритма, позволяет достаточно быстро и с высоким шансом достичь требуемой точности при обучении ANFIS-подобных сетей для решения сложных задач управления.

Ключевые слова: нейронная сеть, ANFIS, нейро-нечеткий контроллер, гибридное обучение, итеративное обучения.

Библ. 5, ил. 1

УДК 658.62.018

Метод многомерной классификации объектов в задачах распознавания образов / О.А.Стенин, О.И.Лисовиченко, О.С.Стенин // Межведомственный научно-технический журнал «Адаптивные системы автоматического управления». -2017.- № 1 (30).-С. 170

В общем случае, объекты характеризуются достаточно большим количеством признаков, имеющих разную (как правило, относительно

небольшую) информативность. Признаки зачастую связаны с прогнозируемым номером класса объекта нелинейными связями, что не позволяет в большинстве случаев построить линейную модель для классификации по одному признаку, удовлетворяющую заданным требованиям достоверности распознавания. Поэтому метод классификации должен быть многомерным (учитывать все признаки) и должен учитывать информативность (значимость) признаков.

В качестве такого метода классификации в данной статье предложен эвристический метод многомерной классификации, представляющий собой объединение результатов одномерных классификаций с учетом значимости признаков. Следует сказать, что методы распознавания, основанные на использовании эвристических методов, не всегда приводят к оптимальным решениям. Однако подбором более информативных признаков, а также применением соответствующих способов улучшения оператора – классификатора, удастся решить эту проблему.

Ключевые слова: класс объектов, признаки класса, сигмоидная функция, обучающая выборка, многомерная классификация, оператор - классификатор

Библ. 6

УДК 519.6

Оптимизация вредных выбросов предприятий в экологических зонах промышленного региона / Стенин А. А., Мелкумян Е. Ю., Стенин С. А. // Межведомственный научно-технический журнал «Адаптивные системы автоматического управления». -2017.- № 1 (30).-С. 176

Увеличение выбросов вредных химических веществ действующими промышленными предприятиями, загрязняющими окружающую среду, приводит к нарушению экологического равновесия. Хотя эти загрязнения носят локальный характер, они затрагивают многих людей, компактно проживающих на таких территориях. Основными мерами борьбы с загрязнением атмосферы являются: строгий контроль выбросов вредных веществ, замена токсичных продуктов на нетоксичные, переход на замкнутые циклы, совершенствование методов газоочистки и пылеулавливания и др.

В данной статье для оптимизации выбросов предприятий в экологических зонах промышленного региона предложен метод суперпозиции для решения элементарных задач путем сведения основной

задачи к задаче линейного программирования, которая может быть решена стандартными численными процедурами.

Ключевые слова: атмосферные выбросы, уравнения Навье-Стокса, экологическая зона, интенсивность загрязнения, расчетный функционал, линейное программирование.

Библ. 6.

УДК 621.373-187.4; 621.39.072.9

Контроллер мультисервисной макросети как элемент системы управления / Федорова Н.В // Межведомственный научно-технический журнал «Адаптивные системы автоматического управления». - 2017.- № 1 (30).-С. 183

С развитием мобильных сетей и их адаптацией к новым типам устройств и услуг к ним выдвигаются новые и самые разнообразные требования. В этой связи, подход «одна технология для всех» вряд ли может быть эффективным для обеспечения растущего числа разнообразных потребностей со стороны бизнеса, общества и отдельных пользователей. Прозрачная интеграция существующих и новых технологий будет способствовать повышению качества пользовательского опыта и появлению целого ряда новых услуг. Активное развитие и функционирование технологий, соединяющих общество в едином пространстве, способствует и ведет к созданию мультисервисной макросети оператора.

Основное отличие сетей следующего поколения от традиционных сетей в том, что вся информация, циркулирующая в сети, разбита на две составляющие: сигнальная информация, обеспечивающая коммутацию абонентов и предоставление услуг; и непосредственно пользовательские данные, содержащие полезную нагрузку, предназначенную абоненту (голос, видео, данные).

При интеграции в существующую сеть оператора, важным критерием является модель управления данной сетью - появляется многоуровневая система управления.

Ключевые слова: технологии 2G, 3G, 4G и 5G, мультисервисная макросеть, управление мультисервисной макросетью, четырехуровневая система управления, контроллер мультисервисной макросети.

Библ. 5, ил. 3, табл. 2

УДК 004.42::621.9

Совершенствование САМ-систем для небольших производств / Шаповалова С.И., Бараниченко А.Н. // Межведомственный научно-технический журнал «Адаптивные системы автоматического управления». -2017.- № 1 (30).-С. 189

Программным обеспечением, создающим управляющие программы для станков с ЧПУ, являются САМ-системы. Существующие сложные САМ-системы не всегда целесообразно использовать для мелкосерийного производства из-за избыточного функционала. Более простые САМ-системы, как правило, отличаются недостаточной функциональностью и неоптимальностью кода управляющих программ. В статье показана необходимость совершенствования средств программирования станков с ЧПУ, представлены результаты исследования по определению необходимых функциональных характеристик САМ-систем, адаптированных именно для небольших производств, также определены критерии оптимизации кода управляющих программ. Предложена система PowerCAM, которая усовершенствована по набору функций, представлению графического интерфейса пользователя и оптимизации генерации управляющего кода. Приведен пример работы PowerCAM для сравнения с аналогичными системами.

Ключевые слова: САМ-система, управляющая программа станков с ЧПУ.

Библ. 8, ил. 2, табл. 1

UDC (517.977.5)

Optimal control systems design of communication networks / Parkhomei I., Humennyi D., Tkach M., Payun V., Bondar Y. // Interdepartmental scientific-technical journal «Adaptive systems of automatic control».- 2017.- № 1 (30).- P. 3

The principles of the optimal design of control systems of the Telecommunication Management Network are presented for two main modes: stationary mode and automatic (emergency) mode. Wherein, the static characteristics of the input signal are specified, to be exact, the range of signal values and the characteristics of the interference are known. This signal is the result of information exchange between the input parameters of the controlled objects and the Security Management System (Security Management System), which is responsible for ensuring the security of the network. Two

methods (minimin and minimax) of finding solutions which are adequate for the stationary and automatic modes, respectively, are proposed. As a result, the minimin method assumes finding the solution in an analytical way, and minimax method assumes finding the solution by iteration method.

Keywords: optimal systems, minimax, minimin, risk minimization, communication networks, TMN, SMS

Ref. 5

UDC 621.396.96

Synthesis and analysis of information-control systems of synchronization of means of telecommunications / Boiko J. // Interdepartmental scientific-technical journal «Adaptive systems of automatic control». – 2017. – № 1 (30). – P. 8

The paper presents the results of the analysis and synthesis of information and control systems based synchronization blocks polyphasic and multiphase filter devices. In the synthesis of polyphasic synchronization device used polyphasic filters, which are a set of smaller filters working in parallel, each of which handles only a subset of signal samples. Chart synchronization polyphasic filter contains the classic range of automatic adjustment phase, the assessment made mistakes synchronization controller, which determines the interpolation points for successive clock recovery. In multiphase synchronization circuits design, the main role played by a set of filters that will hold a multiphase implementation of the matched filter (filter bank formed) in polynomial interpolation rather than the interpolation filter in a polyphasic scheme. Sample data samples are formed simultaneously in all the filters from the bank of filters. The desired phase shift at the output is selected by connecting the appropriate output filter bank filters. A set filter allows a multiphase implementation of the matched filter in the interpolation rather than the polynomial interpolation filter. The interpolation filter is minimized and coordinated in a single operation. In polyphase interpolation eliminates the need for additional interpolation device reduces the complexity of device synchronization; in the case of a synchronization device based on multiphase bank matched filters can be implemented to track design with a window to advance to the delay clock synchronization device. Experimental studies conducted in the thesis confirmed allegiance proposed solutions in solving problems of improving the quality of synchronization.

Keywords: interpolation; synchronization; control; filter; noise immunity

Ref. 13, pic. 25

UDC 004.89:65.011.56

Approach to building decision support systems for automating the processes of organizational management of the energy market / Borukaev Z., Ostapchenko K., Lisovychenko O. // Interdepartmental scientific-technical journal «Adaptive systems of automatic control». – 2017. – № 1 (30). – P. 29

The aim of this paper is the further generalization and development of the proposed approach to construction of computer systems of organizational management on the basis of information-analytical system of monitoring (IASM), as well as the selection and justification of the transition to the decision support system and the inclusion in its membership of the IASM to build an integrated system focused on the study of the main indicators of the state economy generating companies of the wholesale electricity market. The results of the research of selection and application of a decision support system solutions for process automation implement the functional tasks of organizational management on the wholesale electricity market.

Keywords: automation, organizational management, wholesale electricity market, decision support system.

Ref. 15, pic. 3

UDC 007.51

Flexible manufacturing operational control system information reservation method based on hidden markov models / Dzinko R. I., Lisovychenko O. I. // Interdepartmental scientific-technical journal «Adaptive systems of automatic control». – 2017. – № 1 (30). – P. 44

This work describes modeling of the flexible manufacturing operational control system information reservation method based on hidden markov models. Such method uses hidden markov models in order to restore flexible manufacturing system operational state information in case when some of the informational subsystem components are out-of-order.

An experimental research was conducted in order to prove workability and efficiency of the developed information reservation approach. Conducted experiments showed that the developed method gives reliability growth as was assessed via comparison of production items quantities when the approach was applied and when was not.

Keywords: operational management, Hidden Markov Models, information redundancy algorithm, discrete simulation of the event.

Ref. 4, pic. 5, tabl. 2

UDC 007.51

Modeling the material flow dispatch function based on discrete-stochastic programming approach / Dzinko A. M., Yampolskyi L. S. // Interdepartmental scientific-technical journal «Adaptive systems of automatic control». – 2017. – № 1 (30). – P. 52

This work describes modeling of the material flow dispatch function which was built based on discrete-stochastic programming approach. Such function uses universal model for hierarchical multi-tier logistic systems representation in order to perform real-time material flow control depending on the presence of abnormal situations during logistic systems operation period.

An experimental research was conducted in order to prove workability and efficiency of the synthesized dispatch function in comparison to classical approach of direct dispatching (or “simple dispatching rules” method). Conducted experiments showed that the developed method is more efficient with the growth of logistic system nodes number and quantity of material flows between those nodes, while it is more efficient to apply direct dispatching to simple logistic system, and the degree of “simplicity” can be determined in an experimental manner only.

Keywords: logistic system, multi-agent system, in-telektualnyy agent stahastychne discrete dynamic program-tion.

Ref. 6, pic. 3., tabl. 2

UDC 621.398.96

Using of millimeter wave in stratospheric systems of connection / Druzhinin V. A., Parhomei I. R., Paun V. A., Kremenetskaya Y. A., Yarych A. M. // Interdepartmental scientific-technical journal «Adaptive systems of automatic control».- 2017.- № 1 (30).- P. 60

Recently renewed interest of experts of stratospheric systems because of their some of their advantages over terrestrial and satellite systems in the topology of accommodation transceiver equipment, and also thanks to the modern development of innovative technologies. For example, Google and Facebook are conducting tests of stratospheric repeaters Project Loon

and Internet.org projects since 2013 (to increase the number of users). This paper discusses the principles of the organization of the stratospheric communication systems, the feasibility of such communication projects. It is shown that the using of stratospheric repeaters can significantly extend the frequency band, which is now an urgent problem to expand the covered area, significantly improve data transfer rates as a result of using the millimeter range, wherein a high energy efficiency by utilizing solar storage and vertical channels. An assessment was done (about covering stratospheric relay zone, the energy budget of vertical transmission path in the 2.4 GHz band in the millimeter range). System parameters are analyzed to assess the energy potential of the stratospheric radio. Around since 2010, the newly renewed interest in IT-companies to stratospheric communication systems, which have advantages in comparison with terrestrial and satellite systems in the topology of placing relay equipment. For example, Google and Facebook in 2013 launched their projects and Project Loon Internet.org for testing high altitude platforms (essentially base stations), and since 2016, Google is testing in the millimeter range. Implementation of these projects was contributed by development of innovative new technologies, especially in the field of regenerative energy components, telecommunications equipment and nanotechnology. Analysts say that the development of the stratospheric communication systems can greatly change directions of development of telecommunications. It is therefore of interest to consider the feasibility of stratospheric communication systems projects that can significantly extend the frequency range (it is a pressing problem today) to expand the coverage area, to reduce greatly the cost of high-speed telecommunication services, with high energy efficiency due to the solar storage and vertical communication channels.

Keywords: stratospheric communication systems, millimeter range, telecommunications, frequency range, coverage area, high energy efficiency, the communication channel.

Ref. 11, pic. 8., tabl. 1

UDC 004.042

Combining biometric identification methods in problems of protection from unauthorized access / Kalinina I., Lisovychenko O. // Interdepartmental scientific-technical journal «Adaptive systems of automatic control».- 2017.- № 1 (30).- P. 78

The modern methods of authentication. A comparative analysis on the basis of parameters defined user authentication methods to increase the security of access authorization and use of space.

The basic advantages and disadvantages of authentication methods.

Based on the analysis, we can conclude that in the future with the growth of computing power is increasingly popular is the use of an integrated (simultaneous use of two or more methods) authentication system authentication.

For ease of use to a method of authentication fingerprint, fingerprint + smart card; fingerprint + USB-keys, as well as a method of fingerprint recognition method is the most studied, simple and easy to scan, the lowest price of biometric identification systems.

Increased security of access authorization bioelektronic achieved using systems that will reduce errors while the first and second kind and spoofing threats.

As a result of a combination of authentication methods significantly increases the number of identity attributes and thus increased security of access authorization.

Keywords: systems of authorization; authentication methods; Security access authorization systems; biometric identification; passwords; PIN codes; cards; Toquero; combined methods.

Ref. 7, pic. 1., tabl. 1

UDC 004.42

Development of automation module for departure on the basis of the granting of vacation / Karasov D. O., Maksymiuk A. V., Savytskyi A. Y. // Interdepartmental scientific-technical journal «Adaptive systems of automatic control». – 2017. – № 1 (30). – P. 86

In the modern educational institution personal record keeping is an important element in personnel management.

In this article an analysis of the task for granting vacation was carried out, on the basis of which models were developed for business processes of granting vacations by using the SADT methodology. To solve the task in accordance with the current legislation an automated module “Vacations” for STC “PM HEI” was developed.

Also results of the analysis of the processes of granting vacations to employees of higher educational establishment are given, the decomposi-

tion of functional maintenance of the automated information system was revealed, and the automated module “Vacations” for software and technology complex “PM HEI” was developed.

Keywords: the SADT methodology, business process, vacations, automation, STC “PM HEI”.

Ref. 8, pic. 6.

UDC 621.3.011.74.005

Study elektro magnetic processes in twelve pulses of the converter with four zoned regulations of the voltage / Mykhailenko V.V. // Inter-departmental scientific-technical journal «Adaptive systems of automatic control».- 2017.- № 1 (30).- P. 96

Analysis of the electromagnetic processes is organized in article in electric circuit with semiconductor commutator. Mathematical model twelve pulses of the semiconductor converter is created with four zones by regulation of the output voltage for analysis of the electromagnetic processes in semiconductor converter with width-pulse regulation. It is shown graphs that electromagnetic processes in electric circuit. The mathematical model of the semiconductor converter is also used for study of the connecting processes in semiconductor converter with actively-inductive load. Will develop the method multivariable function, what fall into algorithmic equations of the analysis formed and connecting processes in furcated electric circuit with semiconductor commutator and reactive element, toward account of the particularities of the use phase and linear voltages to network of the power supply. It is designed new mathematical model formed and connecting processes in electric circuit of the semiconductor converters inflexion type with many-server zoned use фазных voltages to three-phase network of the power supply disregarding losses to electric powers in commutator for quick estimation of the influence parameter loads on features adjusted sine and constant voltages. The results of this work possible to use for development of the method multivariable modulating function for simplification of the analysis of the connecting processes in electric circuit without account of the losses in key element.

Keywords: electromagnetic processes, output voltage and current.

Ref. 4, pic. 3

UDC 621.38; 536.5

Choice of parameters of the adaptive systems of treatment of experimental information / Miroshnichenko I. V., Gagarin A. A., Baranyuk A. V. // Interdepartmental scientific-technical journal «Adaptive systems of automatic control».- 2017.- № 1 (30).- P. 101

Optimization of the adaptive system of processing of experimental data is taken to the receipt of analytical dependences for objective functions (for example, errors of measuring); to being of correlations for the tasks of optimization; decision-making on one of the chosen criteria. For the estimation of efficiency of the adaptive system the joint analysis of effect is needed from her application at implementation of aggregate of terms realizing the accepted principles and expenses of different kind on their achievement. For CASS of processing of experimental data it is necessary in an algorithm and "metal" to mortgage to possibility of adaptation on speed of treatment, increase of exactness et cetera. To the users of the systems possibility of changing of co-operating must be provided with the system both from the type of parameters of datains subject to treatment on the fixed programs and from the state of database on a concrete problem

Ref. 4, pic. 2

UDC 621.369.96

The structure of information radio measurement system, based on locating tools / Parhomey I, Yushkevych A. // Interdepartmental scientific-technical journal «Adaptive systems of automatic control».- 2017.- № 1 (30).- P. 115

Is offered a mathematical model, that describes functioning process of radiovision system with multi-position information reception in complicated signal-noise conditions.

Presented SRV model structure with multi-position information reception use onboard radio-locating tools and contains of radio controlled UAV group. This allows to carry out efficiency quantitative estimates of signal processing depending on UAV flight geometry, technical characteristics of distinct system elements and radio waves propagation conditions during result signal generation.

Offered SRV structure allows greatly simplify onboard radio-locating tool hardware part of distinct UAV system. System structure gives us the

opportunity to provide processor necessary performance. The processor forms digital directionality diagram in radiovision system. Processor unit implements parallel computing of output signal from synthesized antenna grid in specific time intervals.

Keywords: radiovision system with multi-position information reception, synthesized antenna grid, modeling of complex systems, resolution.

Ref. 7, pic. 4

UDC 621.865.8

Method of indemnification of losses to the productivity of complexes of industrial robots / Polyshchuk M. N. // Interdepartmental scientific-technical journal «Adaptive systems of automatic control».- 2017.- № 1 (30).- P. 124

The method of indemnification of losses to the productivity of the automated equipment is offered. A method is based on the concordance of volumes of operating stores and sequencing productivity of technological equipment. Allows to minimize uncompleted production volumes and promote efficiency of exploitation of automatic complexes. To the complexes of industrial robots has a disbalance of operating time of working positions. It is explained by the different degree of concentration of technological operations. The concordance of volume of operating stores and sequencing productivity allows to decrease simple equipment and to promote efficiency of his exploitation.

Keywords: complexes of industrial robots, automation of technological processes, flexible productive systems

Ref. 3, pic. 2

UDC 004.522

Generalized model of voice commands recognition / Romanenko A. Y., Oliinyk V. V. // Adaptive systems of automatic control.-2017.-№ 1(30).- P. 130

The article shows the relevance of the topic of speech recognition in connection with the growth of market volumes associated with this technology. The basic and one of the most important tasks in the field of speech recognition is the task of recognizing voice commands. The essence of this problem is to convert into the text a sequence of sounds that corresponds to one word and framed by silence.

There are many systems and models for solving this problem and the task of speech recognition. Nevertheless, these models require further customization to be used during development of a new system for voice commands recognition or comparing elements and modifying the existing ones.

The proposed model has a modular structure with the purpose to eliminate the shortcomings of existing systems. The model consists of blocks, where each of them solves important sub-tasks for recognizing voice commands. The functions of the blocks are described in detail in the article.

The author used this model to create his system for recognizing voice commands. The model reduces the entry level required to develop a new system and simplifies comparison of existing systems.

Keywords: speech recognition, voice commands, model, sound wave, feature extraction, recognition of phonemes, recognition of word.

Ref. 6, pic. 1

UDC 004.82

Category of "knowledge" and its application in natural-language informational technologies / Sergeiev D.S., Khimich A.V. // Interdepartmental scientific-technical journal «Adaptive systems of automatic control».- 2017.- № 1 (30).- P. 140

This article focuses on some parts of the problem of allocation of knowledge in natural language text, which is caused by its high coherence and the complexity of its structure.

The first part of the article deals with the problem of continuity of knowledge in natural language text. The authors propose an approach to solving it by using a quantum of knowledge – a basic structure that describes a situation on sensory level.

The second part describes methods of analyzing a text message that contains external context. An algorithm that allows to allocate knowledge as a set of text messages is created, based on the obtained results, and an example of its actions is presented.

The suggested approach allows to improve the performance of natural-language knowledge bases by reducing the problem of text analysis to deterministic algorithms. This, in turn, allows to increase effectiveness of search engines, expert systems and other natural-language information technologies.

Keywords: natural language text, knowledge base, linguistic processor, basic semantico-syntactic structure, quantum of knowledge.

Ref. 5

UDC 681.5

Construction of complex of technical equipments of production of electronic vehicles of the different setting and external environments / Smolij V. N. // Interdepartmental scientific-technical journal «Adaptive systems of automatic control».- 2017.- № 1 (30).- P. 147

The complex of technical equipments is formed for the technological process of production of blocks of electronic vehicles, allowing to apply new research results in industry. The criterion of quality of technological process of production of block of electronic vehicle, relating reliability of the produced good with his mechanical, technical and economic parameters, offers.

Ref. 16, pic. 15., tabl. - 1.

UDC 004.021

Hybrid algorithm for training ANFIS-like neural networks for control tasks / Starodub O. R., Oliinyk V. V. // Adaptive systems of automatic control.-2017.-№ 1(30).- P. 164

The article shows relevance of neuro-fuzzy networks application for solving complex control problems. Neuro-fuzzy networks combine the mathematical apparatus of fuzzy logic with the possibilities of neural networks. This feature allows combining knowledge based control with machine learning. One such network is the ANFIS network.

One of the main features of the ANFIS network is that the functions of each layer of the network (fuzzification, calculating strength of the rules, normalizing strength of the rules, calculating consequent parameters, generating the result) are clearly expressed. In this case, only the first and fourth layers of the network are subject for a training.

In the proposed training algorithm, the parameters of the first layer of the network are determined using the expert approach. After that, iterative training is conducted for the first and fourth layers of the network using a genetic algorithm (starting with the fourth layer). Using this algorithm allows to achieve required accuracy quickly and with high chance in the tasks of training ANFIS-like networks for solving complex control tasks.

Keywords: neural network, ANFIS, neuro-fuzzy controller, hybrid learning, iterative learning.

Ref. 5, pic. 1

UDC 658.62.018

Method of multidimensional classification of objects in pattern recognition problems / Stenin A.A. Lisovychenko O.I., Stenin A.S. // Interdepartmental scientific-technical journal «Adaptive systems of automatic control».- 2017.- № 1 (30).- P. 170

In the general case, there are many features of objects with different value (usually relatively small) informativeness. The features of objects often associated with the projected number class of the object by the non-linear relationships. In this case It is not possible to construct a linear model for classification on the basis of one feature that meets the specified requirements of recognition reliability. Therefore, the classification method should be multidimensional (to take into account all the features) and should take into account the information content (relevance) about the features. This paper proposes a heuristic method of multidimensional classification, which is the union of one-dimensional classification of the results, taking into account the importance of features of objects. It should be noted that the pattern recognition methods based on the use of heuristic methods do not always lead to the best decisions. However, their application in practice justified if the error does not exceed the permissible value.

Keywords: class of objects, features of class, sigmoid function, learning sample, multidimensional classification, the operator - classifier

Ref. 6

UDC 519.6

Polluting emissions optimization in the industrial region ecological's zones / Stenin A., Melkumian K., Stenin S. // Interdepartmental scientific-technical journal «Adaptive systems of automatic control».- 2017.- № 1 (30).- P. 176

The increase in emissions of harmful chemicals acting industry, that are polluting the environment, leads to disruption of the ecological balance. Although these contaminants are local in nature, they affect many people compactly residing in such areas. The main measures to combat air pollution are: strict control of emissions, replacing toxic to non-toxic

products, moving to closed loops, improvement of methods of gas cleaning and dust removal and other.

In this paper, in order to optimize business emissions in industrial ecological zones of the region proposed the superposition method. This method allows to solve elementary problems by reducing the basic problem to a linear programming problem, which can be solved by standard numerical procedures.

Keywords: air emissions, Navier-Stokes equations, ecological zone, pollution intensity, checking functionality, linear programming.

Bibl. 6.

UDC 621.373-187.4; 621.39.072.9

Controller of the multiservice macronetwork as management system element / Fedorova N.V. // Interdepartmental scientific-technical journal «Adaptive systems of automatic control».- 2017.- № 1 (30).- P. 183

With development of mobile networks and their adaptation to new types of devices and services to them new and most various demands are made. In this regard, approach "one technology for all" can hardly be effective for support of the growing number of various needs from business, society and certain users. The transparent integration of the existing and new technologies will promote improvement of quality of the user experience and appearance of a number of new services. The active development and functioning of the technologies connecting society in uniform space promotes and carries to creation of a multiservice macronetwork of the operator.

The main difference of networks of the next generation from traditional networks that all information circulating on a network is broken into two components: the signaling information providing switching of subscribers and rendering of services; and directly the user data containing the payload capacity intended to the subscriber (a voice, video, data).

In case of integration into the existing network of the operator, important criterion is the model of control of this network - the multilayer system of control appears.

Keywords: technologies 2G, 3G, 4G and 5G, multiservice macronetwork, control of a multiservice macronetwork, four-level management system, controller of a multiservice macronetwork.

Ref. 5, pic. 3., tabl. 2

UDC 004.42::621.9

Improving CAM-systems for small manufactories / Shapovalova S. IBaranichenko ., O. M. // Interdepartmental scientific-technical journal «Adaptive systems of automatic control».- 2017.- № 1 (30).- P. 189

The software that creates control programs for CNC machines is the CAM system. Existing difficult CAM-systems are not always expedient to use for small manufactories due to excessive functionality. Simpler CAM-systems often have insufficient functionality and non-optimal code of control program. The article shows the needs to improve the programming tools for CNC machines and the results of a study to determine the functional characteristics of CAM-systems, adapted specifically for small manufactories. The criteria for optimizing the code of control programs are also defined. A PowerCAM system is proposed, which is optimized by a set of functions, a build of graphical user interface, optimization of generation of control code. An example of the work of PowerCAM for comparison with similar systems was given.

Keywords: CAM-system, control program of CNC machines.

Ref. 8, pic. 2., tabl. 1

Автори статей

Бараніченко Олексій Миколайович

студент, Національний Технічний Університет України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського».

Баранюк Олександр Володимирович

к.т.н., старший викладач кафедри Атомних електричних станцій та інженерної теплофізики, Національний технічний університет України «Київський Політехнічний інститут ім. Сікорського».

Бойко Юлій Миколайович

доктор технічних наук, доцент, професор кафедри телекомунікацій та радіотехніки, Хмельницький національний університет.

Бондар Єлизавета Олексіївна

Національний технічний університет України «Київський Політехнічний інститут ім. Сікорського», факультет інформатики та обчислювальної техніки, кафедра технічної кібернетики.

Гагарин Олександр Олександрович

к.т.н., доц. кафедри автоматизації проектування енергетичних процесів та систем Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

Гуменний Дмитро Олександрович

старший викладач, к.т.н., Національний технічний університет України «Київський Політехнічний інститут ім. Сікорського», факультет інформатики та обчислювальної техніки, кафедра технічної кібернетики.

Дзінько Анастасія Михайлівна

асистент кафедри технічної кібернетики, Національний технічний університет України «Київський Політехнічний інститут ім. Сікорського».

Дзінько Ростислав Ігорович

асистент кафедри технічної кібернетики Національний технічний університет України «Київський Політехнічний інститут ім. Сікорського».

Дружинін Володимир Анатолійович

докт. техн. наук, проф., завідувач кафедри телекомунікаційних технологій, Державний університет телекомунікацій.

Калініна Інна Влодимирівна

магістрант кафедри технічної кібернетики, Національний технічний університет України «Київський Політехнічний інститут ім. Сікорського».

Карасьов Денис Олексійович

студент кафедри ТК ФІОТ, Національний технічний університет України «Київський Політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського».

Кременецька Яна Адольфівна

канд. техн. наук, доцент кафедри телекомунікаційних технологій, Державний університет телекомунікацій.

Лісовиченко Олег Іванович

к.т.н., доцент кафедри технічної кібернетики, Національний технічний університет України «Київський Політехнічний інститут ім. Сікорського».

Максимюк Альона Василівна

асистент кафедри ТК ФІОТ, Національний технічний університет України «Київський Політехнічний інститут ім. Сікорського».

Мелкумян Катерина Юрївна

к.т.н., доцент кафедри технічної кібернетики, Національний технічний університет України «Київський Політехнічний інститут ім. Сікорського».

Михайленко Владислав Володимирович

кандидат технічних наук, доцент кафедри теоретичної електротехніки Національного технічного університету України “Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”.

Мірошниченко Іван Володимирович

старший викладач кафедри автоматизації проектування енергетичних

процесів та систем Національного технічного університету України “Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”.

Олійник Володимир Валентинович

к. т. н., старший викладач кафедри технічної кібернетики, Національного технічного університету України “Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”.

Пархомей Ігор Ростиславович

доцент, д.т.н., Національний технічний університет України «Київський Політехнічний інститут ім. Сікорського», факультет інформатики та обчислювальної техніки, кафедра технічної кібернетики.

Паюн Віталій Анатолійович

Начальник військово-мобілізаційного відділу, Національний технічний університет України «Київський Політехнічний інститут ім. Сікорського», військово-мобілізаційний відділ.

Поліщук Михайло Миколайович

к.т.н., доц. каф. технічної кібернетики Національного технічного університету України “Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”, лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки.

Романенко Андрій Юрійович

студент кафедри технічної кібернетики Національного технічного університету України “Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”.

Савицький Артем Йосипович

кандидат технічних наук, доцент кафедри ТК ФІОТ, Національний технічний університет України «Київський Політехнічний інститут ім. Сікорського».

Сергеев Данило Сергійович

аспірант кафедри технічної кібернетики ФІОТ Національного технічного університету України “Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”.

Смолій Вікторія Миколаївна

д.т.н., професор, завідувач кафедри електронних апаратів Східно-українського національного університету ім. Володимира Даля.

Стародуб Олександр Романович

студент кафедри технічної кібернетики, НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського».

Стенін Олександр Африканович

д.т.н., професор кафедри технічної кібернетики «КПІ ім. Ігоря Сікорського».

Стенін Олександр Сергійович

студент кафедри Технічної кібернетики «КПІ ім. Ігоря Сікорського».

Ткач Михайло Мартинович

Доцент, к.т.н., Національний технічний університет України «Київський Політехнічний інститут ім. Сікорського», факультет інформатики та обчислювальної техніки, кафедра технічної кібернетики.

Федорова Наталія Володимирівна

к.т.н., доцент Державного університету телекомунікацій.

Хіміч Андрій Васильович

аспірант кафедри технічної кібернетики ФІОТ Національного технічного університету України “Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”.

Шапалова Світлана Ігорівна

к.т.н., доцент, Національний Технічний Університет України «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського».

Юшкевич Олександр Едуардович

магістрант кафедри технічної кібернетики Національного технічного університету України “Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”.

Ямпольський Леонід Стефанович

к.т.н., професор кафедри технічної кібернетики, Національний технічний університет України «Київський Політехнічний інститут ім. Сікорського», лауреат державної премії України в галузі науки і техніки.

Ярич Андрій Миколайович

магістрант ФІОТ, Національний технічний університет України «Київський Політехнічний інститут ім. Сікорського».

Наукове видання

Адаптивні системи автоматичного управління

Міжвідомчий науково-технічний збірник

Випуск № 1'(30) 2017

Головний редактор *О. А. Стенін*

Відповідальний за випуск *О. І. Лісовиченко*

Комп'ютерна верстка

А. М. Мушницького, С. А. Боброва, А. М. Корнієнка

(Українською, англійською та російською мовами)

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Свідоцтво про державну реєстрацію: серія ДК № 5354 від 25.05.2017 р.
просп. Перемоги, 37, 03056, м. Київ

Темплан 2017 р., поз. 3-2-001

Підп. до друку 00.07.2017. Формат 60×84¹/₁₆. Папір офс. Гарнітура SchoolBook.
Спосіб друку – ризографічний. Ум. друк. арк. 14,41. Обл.-вид. арк. 23,97. Наклад 300 пр.
(Перший запуск – 30 пр.). Зам. № 17-111.

Видавництво «Політехніка» КПІ ім. Ігоря Сікорського
вул. Політехнічна, 14, корп. 15
03056, м. Київ
тел. (044) 204-81-78