

# MULTISTAGE APPROACH TO IMAGE PROCESSING

*Y.V. Baybak<sup>1</sup>, N.O. Shweiki<sup>1</sup>, Y.F. Kutaev<sup>2</sup>, A.A. Gertsy<sup>1</sup>, L.I. Timchenko<sup>1</sup>.*

<sup>1</sup>Vinnitsa State Technical University, Khmelnytskoye Shosse 95, Vinnitsa, 21021, Ukraine,

E-mail: timchen@svitonline.com

<sup>2</sup>State Scientific Enterprise "Astrophisika", Volokolamskoye shosse 95, Moscow, 129820, Russia

## ABSTRACT

We present a novel three-dimensional network and its application to pattern analysis. In this paper, a novel approach is proposed, which allows for an efficient reduction of the amount of visual data required for representing structural information in the image. This algorithm is tolerant to minor structural changes and can be used for automatic face recognition.

The approach is based on a multistage architecture, which investigates partial clustering of structural image components. The initial grey-scale representation of the input image is transformed into a structural representation, so that each image component contains information about the spatial structure of its neighbourhood. The output result is represented as a pattern vector, whose components are computed one at a time to allow the quickest possible response. The input pattern is identified as the best match between the output pattern vector and the model vectors from the database. This approach may be employed for the biomedical image processing, such as ultrasonics and X-ray image.

## 1. INTRODUCTION

Efficient representation of visual information is one of the most important issues in the automatic recognition of human faces. In the case of a feature-based representation, each face is stored as a pattern vector [1]. Yet the connectionist models generally operate on image-based representations by using distributed image representations.

Local feature detectors, which are often employed in these models, make direct representations much more effective in terms of the preservation of both texture and shape information [2]. However, they put excessive requirements on the amount of memory to store all possible descriptors [3]. Most of the attempts to reduce the amount of data necessary to store faces are based either on the "winner takes all" rule [4] or on simple statistical calculations [5]. Those models do not attempt

to exploit the vast redundancy of the visual representation [6], nor take into account configurational information.

## 2. METHODOLOGY

The aim of the proposed approach is to reduce the amount of visual data whilst preserving structural information in the image. For this task, a novel three-dimensional multistage network architecture is used (Figure 1). The first dimension of the network manifests itself as the parallel channels; the second dimension shows as the ranking of the clustered image components depending on their information content. The third network dimension is specified by a flexible hierarchical structure of further processing and is illustrated in Figure 1 as processing levels. The output of the network is represented as a pattern vector.

The purpose of the processing in the multistage network is to discover the structural regularities and to represent them as a smaller number of more complex units. No data is discarded; instead, data with the higher information content is processed first. The term "information content" is based on the degree of correlation between the data components. This feature allows the computation of the output vector in stages - the first components of the vector contain the larger proportion of the structural output, and the following components contain less correlated information. At each stage, a single output component is computed. Thus, it is possible to analyse the output result after each stage.

Consider a transformation  $G(M) = \{a_j | j = 1, 2, \dots, m\}$  of the input image  $M$ , which performs mapping of the initial set of image components into a new set of components. Possible transformations are discussed in Section 3. If the initial image is partitioned into  $n$  segments then this transformation  $G$  may be applied in each processing channel  $i$ ,  $i = 1, \dots, n$ , simultaneously. The  $i$ -th image segment may be denoted as  $M_i^1 = \{a_{ij}^1 | j = 1, 2, \dots, m^1\}$ , where  $m^1$  is the cardinality of a new set. The new components are graded according to their information content.

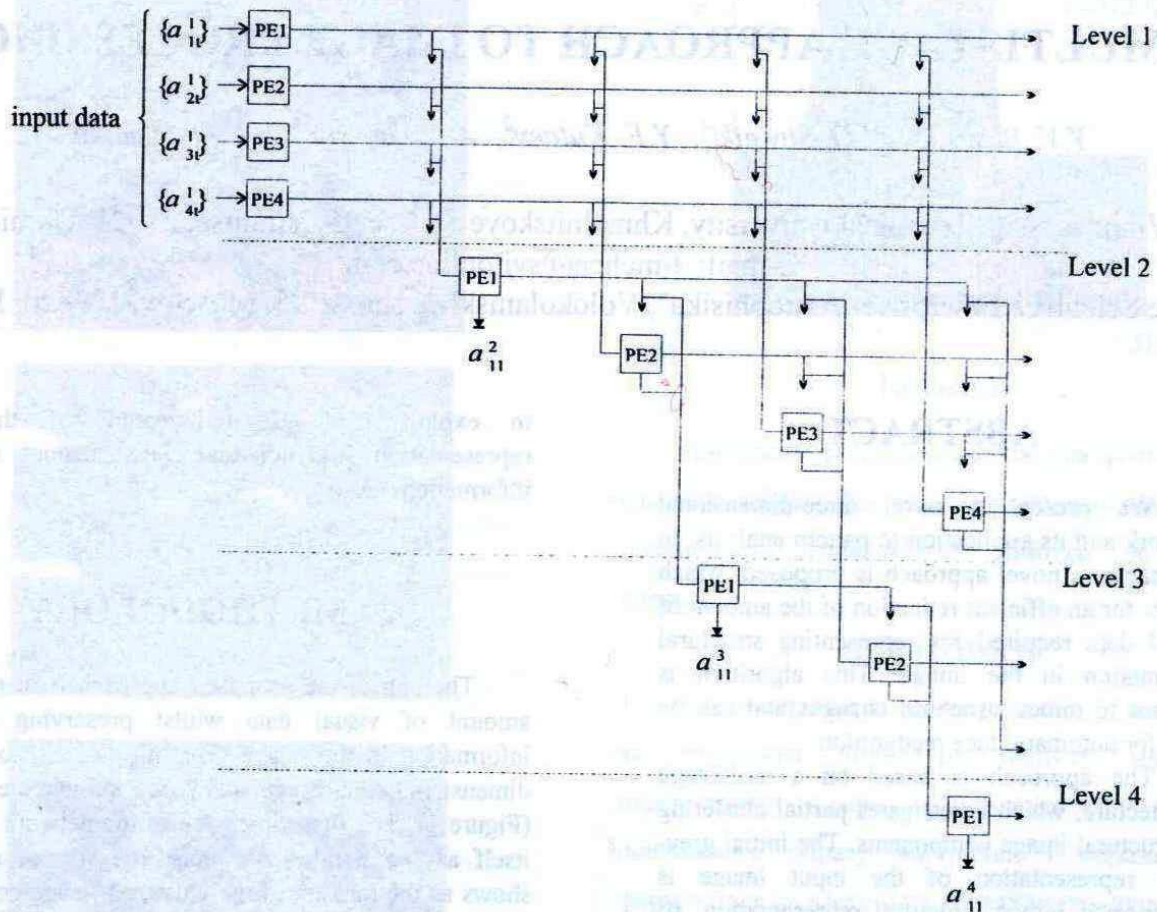


Fig. 1. Topology of the 3-D multistage hierarchical network.

They are extracted to the second processing level with respect to their grades, in order to further investigate similarities between them. At the first level, all channels can be considered as a matrix  $A_1$  of the form:

$$A_1 = \begin{bmatrix} M_1^1 \\ M_2^1 \\ \vdots \\ M_i^1 \\ \vdots \\ M_n^1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11}^1 & a_{12}^1 & \cdots & a_{1m}^1 \\ a_{21}^1 & a_{22}^1 & \cdots & a_{2m}^1 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{i1}^1 & a_{i2}^1 & \cdots & a_{im}^1 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{n1}^1 & a_{n2}^1 & \cdots & a_{nm}^1 \end{bmatrix}$$

The column index indicates the stage of the component extraction and the row index indicates the channel from which that component is extracted. In algebraic form transmission of the decomposed data  $A_1$  to the second level is represented as transposition  $T$ ,  $A_1^T = T(A_1)$ .

On the second level the components are placed into the processing channels according to their grades on the first level. The transformation  $G$  is applied again, this time to the rows of  $A_1^T$ .

$$A_2 = G(A_1^T) = G(T(G(M))) = \begin{bmatrix} a_{11}^2 & a_{12}^2 & \cdots & a_{1m^2}^2 \\ a_{21}^2 & a_{22}^2 & \cdots & a_{2m^2}^2 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{n^2 1}^2 & a_{n^2 2}^2 & \cdots & a_{n^2 m^2}^2 \end{bmatrix}$$

where  $n^2 = m^1$  is the number of parallel channels at the second level, and  $m^2$  denotes the number of components (processing stages) at the second level.

The matrix  $A_2$  represents the second processing level after the transformation in the way that each component  $a_{ij}^2$  is extracted at the stage  $t=i+j-1$ . If the matrix  $A_2$  is aligned so that the column index illustrates the stage of the component extraction, the same processing procedure can be applied on each following level of the hierarchy. This alignment is implemented as horizontal shift of each row of  $A_2$  in order to position the first nonempty element on the leading diagonal. The resultant matrix is denoted  $A_2'$ , and  $A_2' = P(A_2)$ , where  $P$  is the aligning transformation.

$$A_2 = \begin{bmatrix} a_{11}^2 & a_{12}^2 & \cdots & \cdots & a_{1m^2}^2 & x & x & \cdots & x \\ x & a_{21}^2 & a_{22}^2 & \cdots & a_{2m^2-1}^2 & a_{2m^2}^2 & x & \cdots & x \\ x & x & a_{31}^2 & \cdots & a_{3m^2-2}^2 & a_{3m^2-1}^2 & a_{3m^2}^2 & x & x \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x & \cdots & \cdots & x & x & a_{n^2-1}^2 & a_{n^2}^2 & \cdots & a_{n^2m^2}^2 \end{bmatrix}$$

where  $x$  denotes empty positions.

The component  $a_{11}^2$  is the only one to be extracted at the first stage of the processing at the second level. Therefore, it is unrelated with all the other second-level components in time and effectively is an output component. It represents an intermediate result of the processing, and is the only component extracted as a result of the multistage processing at the second level. This component is extracted from the matrix by removing the first matrix column.

The remaining clustered components are stored in the matrix  $A_2^*$ . This extraction is performed by applying a transformation  $L$ , that is,  $L(A_2^*) = a_{11}^2 + A_2^*$ . The initial matrix of the third level  $A_2^T$  is obtained after transposition  $T$  of the  $A_2^*$ , that is  $A_2^T = T(L(P(A_2^*)))$ .

The described procedure is applied at each of the following hierarchical levels until the  $k_{\max}$ -th level, where the matrix  $A_{k_{\max}}$  contains a single element. Then

$$T(L(P(A_{k_{\max}}))) = \emptyset.$$

### 3. SYSTEM PERFORMANCE

Several transformations can be applied in the multistage network. Some possible examples include principal component analysis of local image patches [7], partial clusterisation of the Gabor coefficients [8], and the cosine transform. In this paper, analysis of the facial structure is performed using partial clusterisation of pixel connectivity. A three-level representation [9] of grey-scale facial image is used to specify a three-level pixel connectivity. The three connectivity levels are then processed using three multistage networks, each producing a pattern vector (Figure 2).

In each network, the image components are clustered using the ISODATA algorithm [10]. Then, the newly organised clusters are graded on the basis of the uniformity of data in those clusters.

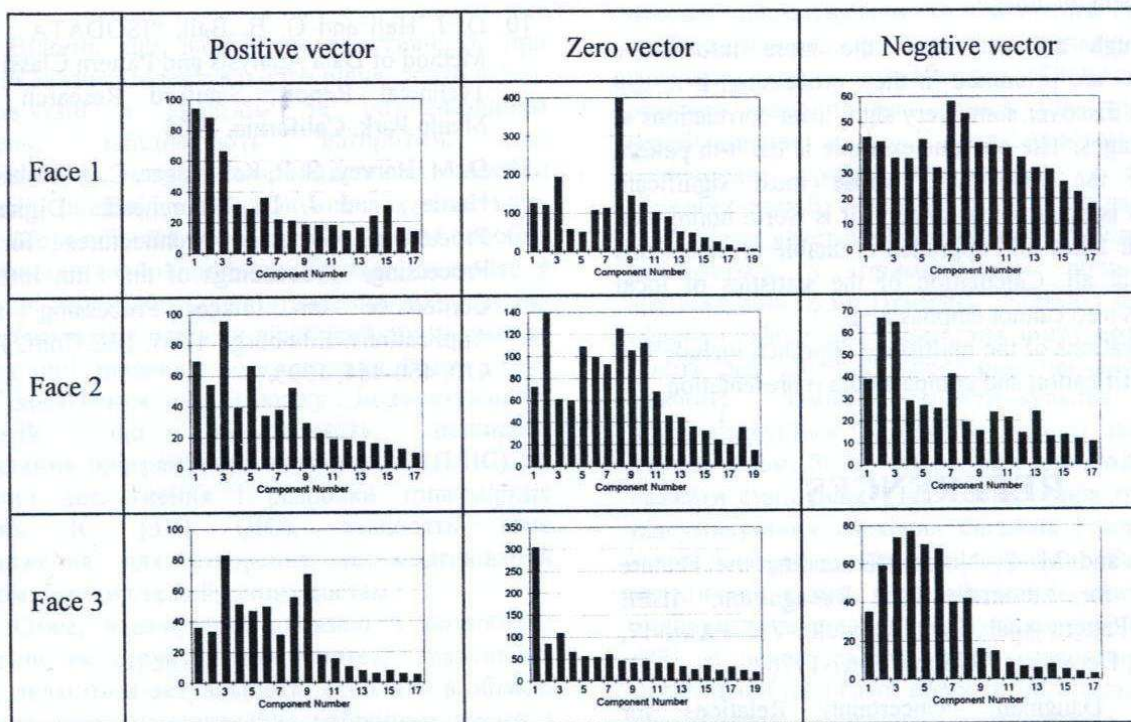


Fig. 2. Pattern vectors generated by the multistage algorithm for three faces.

Components with equal grades are extracted from different channels in order to be processed in the same way at the higher hierarchical levels. At each processing level, starting from the second one, an output component is extracted. Thus, analysis of the output can be performed after the early stages of processing.

The output pattern vectors highlight different structural organisation of each particular face. At the same time, minor structural changes do not affect the first vector components, thus making the algorithm tolerant to slight changes in facial expression.

In the current realisation, the system may be viewed as performing a multistage sorting of the changing data. Even if the components are not correlated at the low levels of the multistage network, they can be found correlated at some higher levels. Any correlations affect the values of the remaining data and influence the output result.

#### 4. DISCUSSION AND CONCLUSIONS

There are several factors, which contribute to the fast speed of this multistage processing:

1. Image data is segmented and fed into a number of parallel channels. Components from different segments may be only processed together at the higher levels, if they are assigned the same rank. Thus, the number of possible combinations is significantly reduced.
2. Calculations in the channels can be performed in parallel, for example, on our custom TMS320C40 image processing computer [11];
3. Components of the output vector are extracted one at a time, with priority given to the more informative ones. Thus, the algorithm is robust to minor structural changes in the image.

Although at each level the more informative components are promoted in their processing, it is still possible to discover some very significant correlations at the later stages. The obvious example is the 0-th pattern vector of the first face, whose most significant component is extracted at stage 8. It is worth noting that the "winner takes all" approach is unable to detect this regularity at all. Calculation of the statistics of local coefficients also cannot emphasize it.

Applications of the multistage approach include fast object identification and compact data representation.

#### REFERENCES

1. X. Jia and M. S. Nixon, "Extending the Feature Vector for Automatic Face Recognition," *IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intell.*, Vol. PAMI-17, No. 12, December 1995, pp. 1167-1176.
2. J. G. Daugman, "Uncertainty Relations for Resolution in Space, Spatial Frequency, and Orientation Optimized by Two-Dimensional Visual Cortical Filters," *J. Optical Soc. Amer. A2*, Vol. 7, pp. 1160-1169, 1985.
3. M. Lades, J. C. Vorbruggen, J. Buhmann, J. Lange, C. v. d. Malsburg, R. P. Wurtz and W. Kohen, "Distortion Invariant Object Recognition in the Dynamic Link Architecture," *IEEE Trans. Computers*, Vol. 3, pp. 300-311, 1993
4. N. Petkov, "Biologically Motivated Computationally Intensive Approaches to Image Pattern Recognition," *Future Generation Computer Systems*, Vol. 11, pp. 451-465, 1995.
5. J. F. Goudail, E. Lange, T. Iwamoto, K. Kuyma, and N. Otsu, "Fast Face Recognition Using High Order Autocorrelations", *Proceedings of 1993 Joint Conference on Neural Networks*, pp. 1297-1300, 1993
6. J. M. Tenenbaum and A. P. Witkin, "Perceptual Organization as Building-Blocks for Vision," *Journal of the Optical Society of America, A-Optics and Image Science*, Vol. 1, No. 12, pp. 1216, 1984.
7. R. P. N. Rao and D. H. Ballard, "Natural Basis Functions and Topographic Memory for Face Recognition," *Proc. Intl. Joint Conf. on Artif. Intell. (IJCAI)*, pp. 10-17, 1995.
8. J. Daugman, "Uncertainty Relation for Resolution in Space, Spatial Frequency, and Orientation Optimized by 2D Visual Cortical Filters," *J. Opt. Soc. Amer. (A)*, Vol. 2, No. 7, pp. 1160-1169, 1985.
9. J. M. White and G. D. Rohrer, "Image Thresholding for Optical Character Recognition and Other Applications Requiring Character Image Extraction," *IBM J. Res. Develop.*, Vol. 27, No. 4, pp. 400-411, 1983.
10. D. J. Hall and G. B. Ball, "ISODATA : A Novel Method of Data Analysis and Pattern Classification," *Technical Report, Stanford Research Institute, Menlo Park, California, 1965.*
11. D. M. Harvey, S. P. Kshirsagar, C. A. Hobson, D. A. Hartley, and J. D. Moorehead, "Digital Signal Processing Systems Architectures for Image Processing," *Proceedings of the Fifth International Conference on Image Processing and Its Applications, Edinburgh 1995, IEE Conf. Publ. No. 410, 460-464, 1995.*

## Математична модель нейрона на принципах паралельної порогової обробки інформації

Тетяна Мартинюк, Антоніна Буда, Андрій Кожем'яко, Тетяна Васильєва, Віра Козлова

Вінницький державний технічний університет  
21021, Вінниця, Хмельницьке шосе, 95  
Тел.: (0432) 325718. Факс: (0432) 465772  
E-mail: laser@lili.vstu.vinnica.ua

New way to organization of function principle of neuron as basis element of multilayer neural networks is suggested. The principles of multioperand summation of number array with using difference slices are laid to the basis of mathematical model of neuron. The possibility of combined execution two operation-multioperand summation and comparison partial sums with given threshold of processing is shown.

забезпечує інформаційний прийом у багатопаралельній нейронній мережі. У загальному випадку він реалізує порогову функцію виду:

$$S = \sum_{i=1}^m x_i w_i \geq p, \quad (1)$$

де  $x_i$  – вхідні величини,  $w_i$  – ваги,  $p$  – поріг обробки.

Двовходова структура, що моделює нейрон із найпростішою пороговою функцією (1), показана на рис. 1а. Аналіз цієї структури свідчить про те, що найбільш витратними за часом та складністю є операції підсумовування та порівняння. Разом з тим, треба відзначити, що у даному випадку зовсім не важливим є визначення абсолютної величини суми  $S$ , оскільки значення має лише факт рівності або перебільшення суми  $S$  над порогом  $p$ . Отже послідовний процес, що полягає у формуванні спочатку суми  $S$ , а потім у порівнянні двох величин  $S$  і  $p$ , більш властивий формалізованому процесу, що реалізується у примітивному обчислювачі з архітектурою фон Неймана. Відомо, що процеси обробки інформації у коркових зонах мозку людини мають розподілений просторово-часовий характер, причому замість підсумовування сигналів використовується їх накопичення із порівнянням. Таким чином, більш природним для людини можна вважати суміщення у часі таких двох операцій, як підсумовування зважених сигналів і порівняння їх суми із заданим порогом обробки. Такий підхід можливий, якщо підсумовування масиву чисел виконувати за методом формування різницевого зрізу (РЗ). В основу цього методу покладено принцип паралельної порогової обробки інформації, який був розроблений стосовно паралельного додавання тривалостей групи часових інтервалів [1]. Суть методу полягає в тому, що в якості внутрішнього порогу  $q$  обробки у кожному циклі визначається величина, що дорівнює найменшому значущому доданку у поточному масиві чисел, тому значення порогу  $q$  у процесі обчислення змінюється. Процес формування суми масиву вхідних чисел закінчується тоді, коли остаточний масив доданків не містить додатних чисел. Сума формується за виразом

### Вступ

Відомо, що найбільшу ефективність при реалізації задач інтелектуального рівня, тобто задач, що пов'язані з аналізом та розпізнаванням зображень, забезпечують алгоритми, що використовують методи сприйняття та обробки інформації, подібні до нейробіологічних, властивих людині. Моделювання процесів паралельної обробки у нейронних і нейроподібних мережах дозволяє у деякій мірі наблизитись до відтворення тих підходів, на яких базуються процеси відображення та аналізу образів у корі головного мозку людини. Разом з тим, значні досягнення у розвитку інтелектуальних технологій, що обумовлюють поширене використання програмуємих логічних ІС (ПЛІС), та інтенсивні дослідження і розробки тривимірних оптичних ІС (3-D ОІС), знаходять своє запровадження для створення та моделювання нейрокомп'ютерів та нейронних систем.

Отже, задачі, що пов'язані з розробкою алгоритмів та структур для синтезу адаптивних систем, являються актуальними, особливо в області створення високопродуктивних нейронних мереж з можливостями навчання і самонавчання, які спрямовані на розв'язання задач "інтелектуального" рівня.

### Особливості моделі нейрона

Розглянемо структуру та функціональні можливості нейрона, як елемента шара, що

$$S = \sum_{j=1}^N S_j = \sum_{j=1}^N q_j \cdot b_j, \quad (2)$$

де  $S_j$  - часткова сума, що формується у  $j$ -му циклі;  $q_j$  - поріг обробки у  $j$ -му циклі;  $b_j$  - кількість доданків у масиві  $j$ -го циклу, що містять поріг  $q_j$ ;  $N$  - кількість циклів.

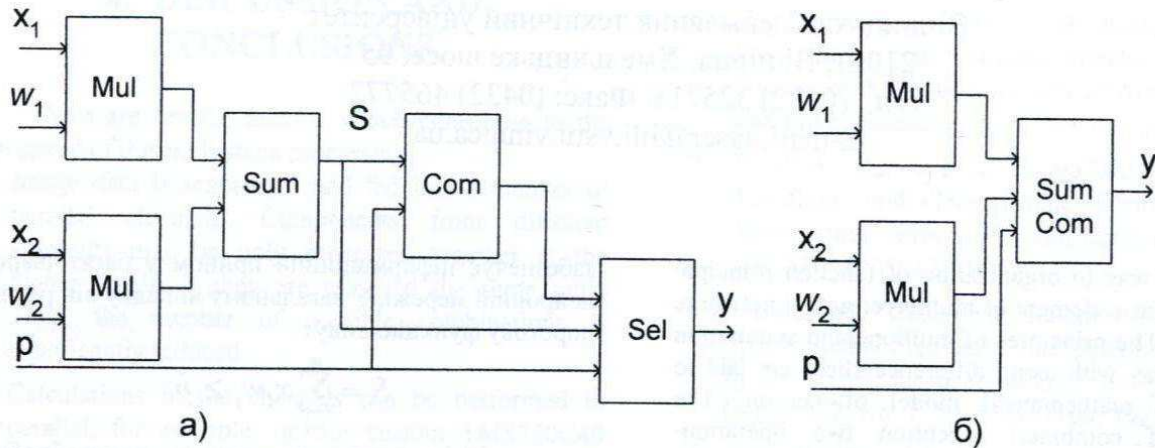


Рис. 1

Слушність виразу (2) доведена рядом теорем [2]. Серед особливостей цього методу необхідно відзначити його універсальність (як для аналогових, так і для цифрових даних), багатооперандність, а також перспективність реалізації на оптоелектронній елементній базі з використанням специфічного логіко-часового кодування інформації

Перевагою даного методу паралельної обробки інформації можна також вважати перспективність його реалізації на систолічній структурі.

Можливість представлення остаточного результату  $S$  як суми часткових сум по всіх циклах обробки дозволяє виконати такі перетворення

$$\begin{aligned} p - (S_1 + S_2 + \dots + S_N) &= \\ &= (\dots((p - S_1) - S_2) - \dots - S_N) \leq 0. \end{aligned} \quad (3)$$

Таким чином, у кожному циклі обробки необхідно сформувати різницю вигляду

$$\Delta_j = \Delta_{j-1} - S_j, \quad j = \overline{1, N} \quad (4)$$

де  $\Delta_0 = p$ , і визначити виконання умови

$$\Delta_j \leq 0.$$

Отже, можливе суміщення у часі виконання двох операцій протягом кожного циклу обробки, а саме, порівняння часткової суми  $S_j$  із порогом  $p$  (4) і формування часткової суми  $S_{j+1}$  у наступному ( $j+1$ )-циклі. Процес обробки у такому випадку набуває вигляду конвеєрного обчислення як часткових сум  $S_j$ , так і величин  $\Delta_j$ . Поява одиничного сигналу у на

виході схеми нейрона свідчить про виконання умови (1). На рис. 1б показана схема, що моделює нейрон за виразом (3). Так само, як і алгоритми паралельного підсумовування з використанням РЗ, запропонований алгоритм порогової обробки масиву чисел (3) може бути реалізований на лінійному систолічному масиві [4].

## Висновок

Особливості способу паралельного підсумовування масиву чисел на принципах РЗ дозволяють організувати для реалізації у неронних структурах порогову обробку даних, яка в деякій мірі використовує принципи, властиві нейрологічній обробці інформації.

## Література

1. Свечников С.В., Кожемяко В.П., Тимченко Л.И. Квазиимпульсно-потенциальные оптоэлектронные элементы и устройства логико-временного типа. - К.: Наук. Думка, 1987.-256 с.
2. Кожемяко В.П. и др. Параллельная обработка изображений. - Ужгород: Изд-во Ужгород. гос ун-та, 1993. - 89 с.
3. Parallel transformation / L. Timchenko, M. Grudin, T. Martyniuk, A. Kozhemyako // УсуМ. - 1999. - №5. С. 93-95.
4. Тимченко Л. И., Мартынюк Т.Б., Загоруйко Л. В. Подход к организации многоуровневой схемы систолических вычислений // Электрон. моделирование. - 1988. №5. - С. 33 - 42.

# INCREASING THE RESOLUTION of SPACE FILTERS

*I.M. Gvozdeva, A.S. Paevskiy*

*The Odessa Hydrometeorology Institute, Ukraine, 270015., Odessa,*

*Str. Lvovskaya, 15; fax(0482)63-63-08, 42-77-67*

*E-mail auto@ogmi.farlep.odessa.ua*

The method of increasing the resolution of space filters with the multiplicative signals processing of receiving elements is considered. The synthesis algorithm of characteristics of space resolution of considered systems, based on their approximation with Chebyshev's polynomials, is developed. In the paper the processor structure of multiplicative processing of receiving elements signals of space filters is represented. The numerical example of synthesis of 8-element multiplicative array according to its linear prototype is fulfilled.

## INTRODUKCTION

The space filters are intended for obtaining the objects portraits in the different scientific fields: hydroacoustics, radiolocation, optics etc.

The modern space filters must possess the high space resolution with the purpose of detalization of investigated objects portraits and their classification. The usage of untraditional (more complex) methods of signals processing receiving elements permits to improve the characteristics of space resolution.

## 1. THE STRUCTURE SYNTHESIS of MULTIPLICATIVE SPACE FILTERS

The resolution of space filters is determined with resolution of their antennas, which can be realized in some cases as arrays [1,2].

The increase of array resolution with traditional linear processing of signals of receiving elements is possible only at the expense of increasing the physical dimension of array. The way of increasing the array resolution without increase of their physical dimensions, based on the usage of multiplicative processing of their elements signals, is known [3]. However the application of such method is difficult in a view of complexity of synthesizing the structure of processing channel according to the previous stated requirements to the function of space resolution of array. In the given paper the method of structural synthesis of multiplicative array, based on the describing of their output signals with a superposition of Chebyshev's polynomials and approximation in the same base of required function of space resolution.

In a general case the output signal of array has the following form[3,4]:

$$u(\theta) = \int_0^T x^T(t) Ax(t) dt, \quad (1)$$

where

$$x_i = X_{\max} \cdot \cos\left(\omega t + \frac{2\pi id}{\lambda} \cdot \sin \theta\right), \quad (2)$$
$$i = \overline{1, N}$$

$N$  - number of receiving elements of multiplicative array,  
 $X_{\max}$  and  $\omega$  - accordingly amplitude and angular frequency of output signals of receiving elements,  
 $\lambda$  - wavelength of a received signal,  
 $d$  - the distance between receiving elements,

A - the coefficients matrix, defined with structure of processor of space filter,

T - time of an average,  $T \gg 2\pi/\omega$ .

Let's consider the processor of space-time signals processing of array with variable transmission coefficients  $V_i$  on the each channel - fig. 1

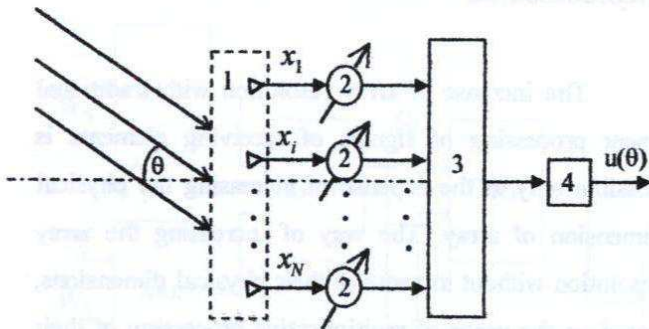


Fig. 1. The structure scheme of space filter with variable transmission coefficients of receiving channels.

In a figure: 1 - unit of receiving elements of array, 2 - units of transmission coefficients  $V_i$ , 3 - processor of multiplicative processing, 4 - integrator.

For selected structure of space-time signals processing the matrix A in (1) looks like;  $A = \vec{V}\vec{V}^T$ . Substituting (2) in (1) and fulfilled integration, we obtaine:

$$u(\theta) = X^2 \sum_{m=0}^{N-1} V^T E_{m+1} \vec{V} \cos 2\varphi_m = x_0^2 \sum_{m=0}^{N-1} b_m \cos 2\varphi_m, \quad (3)$$

$m = \overline{0, N-1}$ ,

where  $E_k$  - matrix with 1 on k - lateral diagonal,

$$\varphi_m = \frac{\pi m d}{\lambda} \sin \theta \text{ - relative phase shift,}$$

$b_m = V^T E_{m+1} V$  - the weight coefficients at Chebyshev's polinomials.

Let's enter an intermediate variable:  $y = \cos \pi \sin \theta$ , and select the interelement distance  $d = \lambda/2$ . In this case the expression (3) will be transformed to the following form [4]:

$$u(\theta) = X_0^2 \sum_{m=0}^{N-1} b_m T_{2m}[y(\theta)], \quad (4)$$

where  $T_{2m}$  - Chebyshev's polynomials of 2m order.

The expression (4) determines the describing of output signal  $u(\theta)$  of multiplicative array with a superposition of Chebyshev's polynomials, that allows at the given transmission coefficients  $V_i$  to fulfill its analysis. For the solution of the problem of array synthesis the stated function of space resolution is approximated with piece of row of Chebyshev's polynomials, having the kind (4) with the given degree of approximation, and then the coefficients of amplitude distribution are determined [4]. For their obtaining it is necessary to solve the system of non-linear equations:

$$\left. \begin{aligned} \vec{V}^T E_{m+1} \vec{V} &= b_m \\ m &= \overline{0, N-1} \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

where the unknown coefficients are  $V_i$ . The solution of the system of non-linear algebraic equations of kind (5) represents itself the independent and enough difficult problem. For enough broads class of array the condition of symmetry of the characteristics of space resolution and, accordingly, of amplitude distribution of transfer coefficients concerning the phase center of array is satisfied:

$$V_1 = V_N; V_2 = V_{N-1}; \dots; V_k = V_{N-k-1} \dots$$

The condition of symmetry allows to create the recurrent scheme of the solution of a system (5) in the following form:



$$\left. \begin{aligned}
 V_1 &= \sqrt{b_{N-1}}; \\
 V_2 &= b_{N-2} \cdot (2V_1)^{-1}; \\
 V_3 &= (b_{N-3} - V_2^2) \cdot (2V_1)^{-1}; \\
 V_4 &= (b_{N-4} - 2V_2V_3) \cdot (2V_1)^{-1}; \\
 &\dots \\
 \text{- for even } k: \\
 V_k &= \left( b_{N-k} - 2 \sum_{i=1}^{\frac{k-2}{2}} V_{k-i} V_{i+1} \right) (2V_1)^{-1}; \\
 \text{- for odd } k: \\
 V_k &= \left( b_{N-k} - 2 \sum_{i=1}^{\frac{k-3}{2}} V_{k-i} V_{i+1} + \frac{V_{\frac{k+1}{2}}^2}{2} \right) (2V_1)^{-1}; \\
 k &= \overline{1, N/2}
 \end{aligned} \right\} (6)$$

The further standardization of the solution of problem of space filters synthesis can be reached if the technique of synthesis of multiplicative array with according to the linear prototype will be used. At selected interelement distance  $d = \lambda/2$  the elements

more, that determines the advantage of multiplicative signal processing.

## 2. NUMERICAL EXPERIMENT

For a numerical example we consider the synthesis of multiplicative 8-element array according to the linear prototype. As its prototype it is necessary to use 17-element linear array as the order of its polynomial coincides to the order of synthesized array. Let's consider the most complex case of multiplicative array synthesis according to the linear prototype, when the space resolution characteristic of linear array has the narrowest main lobe. For this case the amplitude distribution of the prototype is equal  $b_m = 1$ . Using the recurrent equation (6), we obtain:

$$\begin{aligned}
 V_8 &= V_1 = 1 \\
 V_7 &= V_2 = 1/2 = 0,5 \\
 V_6 &= V_3 = 3/8 = 0,375 \\
 V_5 &= V_4 = 5/16 = 0,3125
 \end{aligned}$$

The processor structure of multiplicative space-time signals processing is determined with equation (5) and is shown in fig. 2.

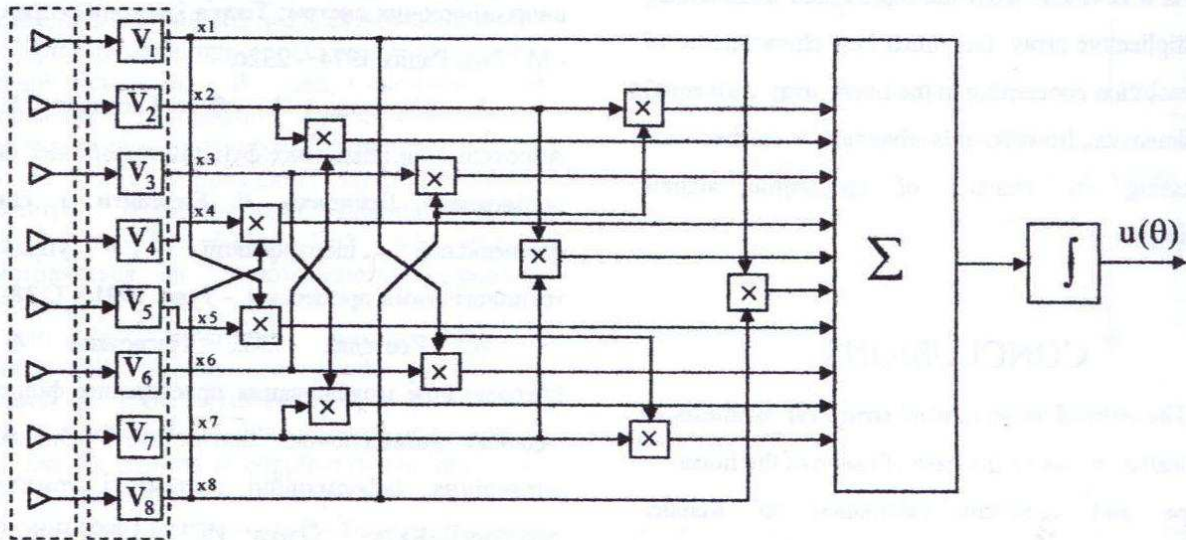


Fig.2. The scheme of the multiplicative processor of space-time signals processing of array.

number of the linear prototype accordingly is equal  $2N+1$ , and the physical dimension of array is twice

For comparison in fig. 3 the function of space resolution of synthesized 8-element multiplicative array

according to its linear prototype and 8-element linear array are submitted.

## REFERENCES

1. Моизінго Р. А., Міллер Т. У. Адаптивні антени решітки: Вступ в теорію: Пер. з англ. - М.: Радіо і зв'язок, 1986. - 448с.

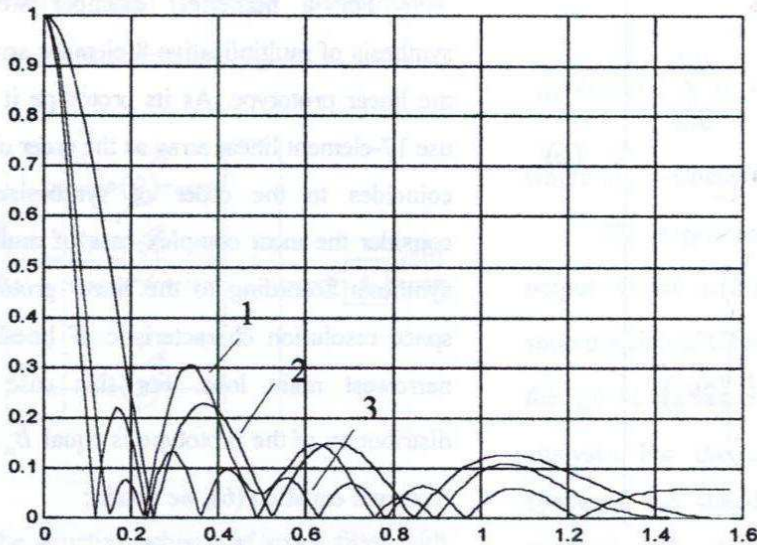


Fig. 3. The functions of space resolution:

- 1 - 8-element multiplicative array;
- 2 - 8-element linear array;
- 3 - 17-element linear array.

As it is visible from the represented illustrations, the multiplicative array, has much best characteristic of space resolution concerning to the linear array with equal linear dimension, however this advantage is reached with complicating the channel of space-time signals processing.

## CONCLUSIONS

The offered technique of structural synthesis of multiplicative arrays on the base of usage of the linear prototype and recurrent calculation of transfer coefficients can to be used as an effective means of improvements of space resolution characteristics of space filters at solving the broad class of problems of radiolocation, hydroacoustics, optics, acoustics etc.

2. Бахрах Л. Д., Кременіцький С. Д. Синтез випромінюючих систем: Теорія і методи розрахунку. - М.: Род. Радіо, 1974. - 232с.

3. Міргород В. Ф., Гвоздева І. М. Апроксимація апаратних функцій нелінійних систем поліномами Чебишева // Елементи і системи оптимальної ідентифікації і управління технологічними процесами. - Тула. 1991. - С.28-23.

4. Гвоздева І.М., Пасєвський А. С. Математичне моделювання просторових фільтрів із заданою дозволяючою здатністю // Оптимізація управління, інформаційні системи і комп'ютерні технології.-Київ Одеса: ИСЦ, 1999.-Вип.1.-Ч.1.-256с.

# Засоби пам'яті послідовної та паралельної дії на оптоелектронних пристроях.

Михайло Семенюк

Науково-впроваджувальне інноваційне підприємство "СТРУМ",  
21001, м.Вінниця, вул. Коцюбинського 11, кв.108.

E-mail: ours\_13@aport.ru

*Рассматривается оптоэлектронное устройство на базе квантовых запоминающих элементов, которое может быть использовано для построения оптических вычислительных устройств с обработкой сигналов в десятичной системе счисления, и с непосредственной индикацией обрабатываемых данных.*

*The article deals with the optoelectronic device, which utilizes quantum memory chips. These devices can be used for creation of optical computers based on signal processing in the decimal calculation format, with direct indication of the data being processed.*

## ВСТУП

Оптимальний діалог людини з засобами обробки даних можливий якщо інформація представлена в звичній для нас десятковій системі.

Перші лічильні пристрої створювались на базі десяткової системи. В цих системах, для представлення інформації та її обчислення, використовувались механічні елементи на базі лічильних коліс (прикладом таких систем є арифмометри, обчислювальна машина АСКК, "МАРК-1", та ін. [1]). Цей же принцип використовується в різноманітних механічних лічильниках.

Але з початком використання в обчислювальній техніці електронних засобів від десяткової системи змушені були відмовитись в зв'язку з неможливістю знаходження існуючих на той час засобів пам'яті та обробки більш чим в двох стійких станах. Тому обробка даних в обчислювальних пристроях відбувається в двійковій системі.

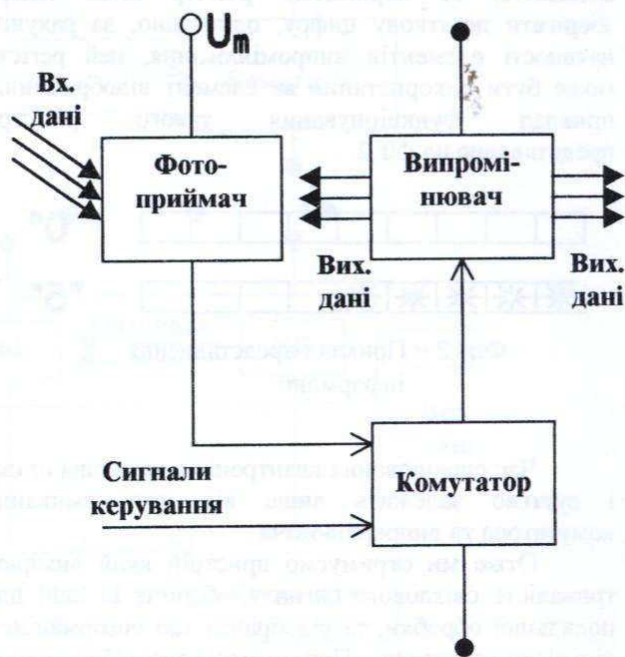
Це приводить до необхідності перетворення інформації як на етапі її введення в засоби обробки, так і на етапі виведення. Тому, доцільним є побудова систем які оперують в десятковій системі счислення і не потребують подвійного перетворення даних.

Вирішення проблеми десяткового обчислення можуть дати засоби пам'яті на оптичних пристроях

"квантронах" [2]. Побудовані на цих елементах пристрої можуть знаходитись в будь-якій кількості стійких станів, а також використовуватись для сприйняття та відображення інформації.

## 1. ОПТОЕЛЕКТРОННІ ЗАСОБИ ПАМ'ЯТІ ПОСЛІДОВНОЇ ДІЇ

Квантрон – це одинична комірка (фіг.1) яка складається з оптопари, приймача та випромінювача оптичних сигналів та комутатора електричних сигналів.



Фіг.1 – Квантрон

В якості фотоприймача може бути використаний будь який світлочутливий елемент, випромінювач представляє собою засіб перетворення електричної енергії в світлову, причому діапазон випромінювання (спектр) повинен збігатись з діапазоном сприймання фотоприймача. Комутатор використовується для підключення випромінювача до джерела енергії і може бути збудований на будь якому ключовому елементі.

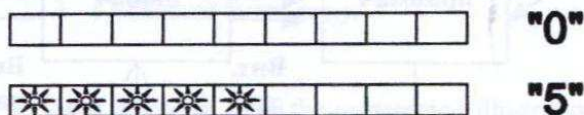
Під час впливу на фотоприймач світлового

сигналу і напруги активізації (збудження)  $U_m=U_a$  цей елемент пропускає на комутатор струм достатній для його відкриття та, відповідно, вмикання випромінювача. Світлова енергія випромінювача поширюється в різних напрямках, при цьому відбувається опромінення як власного фотоприймача для підтримання струму необхідного для підтримання комутатора увімкненому стані, так і фотоприймача наступного квантроні для його збудження, а також індикація увімкненого стану.

Зняття вхідного світлового сигналу зменшує струм що надходить на комутатори до значення недостатнього до його відкриття. При цьому відбувається лише підтримання активних квантронів у збудженому стані. Такого ж результату досягають під час дії напруги фіксації  $U_m=U_f$ .

Таким чином, ті квантрони які були увімкнені, за рахунок зворотного світлового зв'язку залишаються у цьому стані, а нові не вмикаються. Для вимикання квантроні, на відповідний вхід комутатора подається імпульс гасіння. Комутатор закривається, струм через випромінюючий елемент перестає проходити і він гасне.

Якщо послідовно об'єднати дев'ять таких елементів, то отримаємо регістр який здатен зберігати десяткову цифру, одночасно, за рахунок наявності елементів випромінювання, цей регістр може бути використаний як елемент відображення, приклад функціонування такого регістру представлено на фіг.2.



Фіг. 2 – Приклад представлення інформації

Час спрацювання квантронів є величина стала, і суттєво залежить лише від часу вмикання комутатора та випромінювача.

Отже ми отримуємо пристрій який вимірює тривалість світлового сигналу, зберігає ці дані для подальшої обробки, та відображає цю інформацію в кількісному вигляді. При цьому непотрібно ніяких допоміжних засобів для виділення початку і кінця часового інтервалу, аналого-цифрового перетворення вхідних даних.

Відсутність методичних похибок під час обробки інформації досягається за рахунок відсутності не доцільних перетворень і однакового часу спрацювання квантронів [3].

## 2. ОПТОЕЛЕКТРОННІ ЗАСОБИ ПАМ'ЯТІ ПАРАЛЕЛЬНОЇ ДІЇ

В розглянутому вище методи

використовується властивість квантронів до перемикавання в точно фіксовані відліки часу. При цьому комутатор використовуються для підключення до джерела енергії, необхідної для переведення випромінювача у збуджений стан.

Але, крім сигналів потужність яких визначається тривалістю, існує також велика кількість сигналів в яких енергетичною характеристикою є величина випромінювання, або спектр частот.

Для обробки таких сигналів також можливе використання квантронів.

У випадку, коли значення інформації залежить від освітленості, в конструкції квантроні доцільно використовувати два світлочутливих елемента (фіг.3):

– для створення напруги збудження (фотоприймач);

– для отримання напруги підтримування випромінюючого елемента в активному стані (фотоелемент оптопари – ФЕ).

На фіг.3 зображено систему з'єднання лінійки квантронів для створення десяткового регістра паралельної дії.

Вхідний сигнал подається одночасно на фотоприймаючі елементи всіх квантронів. Ці елементи через низку опорів, величина яких однакова і визначається дискретизацією вхідного сигналу, підключається до входу " $U_m$ ". Так як, для відкриття комутатора значення струму на його вході повинно досягнути відповідної величини, то, необхідно щоб падіння напруги на опорі "R" було скомпенсоване величиною фотоструму від опромінення фотоприймача вхідним сигналом.

Кількість збуджених елементів (квантронів) визначає величину вхідного сигналу.

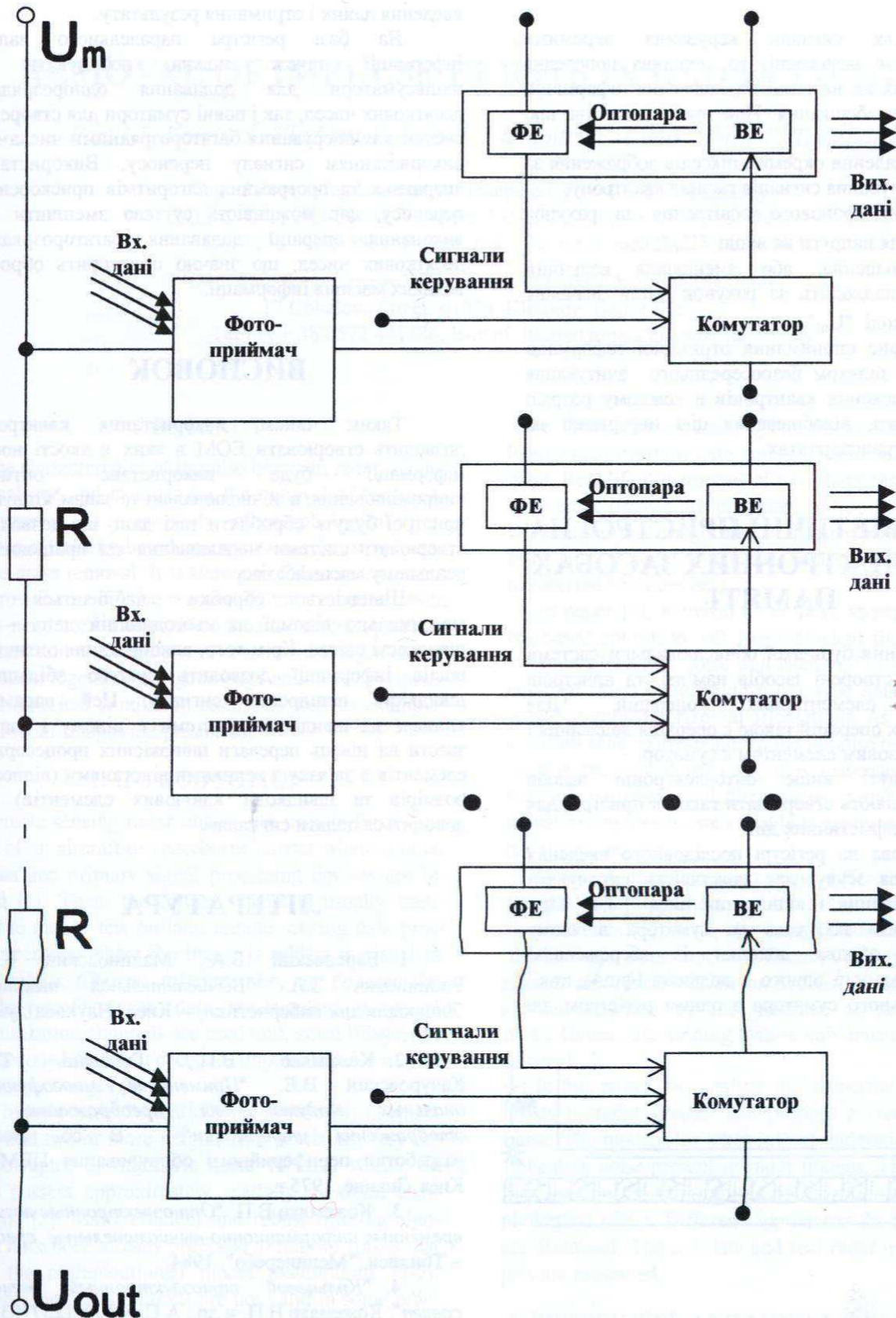
Після припинення дії на фотоприймачі зовнішнього випромінювання, підтримання горіння досягається за рахунок наявності зворотного зв'язку, тобто, опромінення фоточутливих елементів оптопари.

Для нарощування системи (тобто збільшення розрядності представлення інформації) використовується каскадне з'єднання регістрів, при цьому вихід " $U_{out}$ " попереднього розряду з'єднується з входом " $U_m$ " наступного розряду.

Таким чином, отримуємо перетворювач величини сили світла в цифровий код.

Час спрацювання регістрів (фіксації інформації що надходить) не залежить від кількості підключених регістрів, так як вхідний сигнал одночасно надходить до всіх фотоприймачів, а зміна величини сигналу на вході " $U_m$ " відбувається при сталому значенні на інформаційному вході. Цей час дорівнює тривалості спрацювання одного квантроні.

При побудові квантронів (а отже і регістрів) використовуються елементи у яких відсутній "ефект пам'яті", тобто тривалість надходження сигналу не веде до накопичення величини цього сигналу і, отже,



Фіг.3 – Десятковий реєстр паралельної дії на квантронах

до хибного сприйняття вхідного сигналу.

Сумарна потужність випромінювання всіх збуджених елементів дорівнює величині вхідного

сигналу, тобто можливе використання значення прийнятих даних для подальшої обробки, відображення, або передачі їх на інші засоби

обробки.

Так як сигнали керування окремими квантронами є незалежні, то можлива попередня обробка даних як на етапі надходження інформації, так і на етапі зберігання. При цьому можливі такі операції:

- видалення окремих пікселів зображення за рахунок формування сигналів гасіння квантронів;
- зміни фонового освітлення за рахунок зміни значення напруги на вході " $U_m$ ";
- збільшення, або зменшення величини сигналу що надходить за рахунок зміни значення напруги на вході " $U_m$ ".

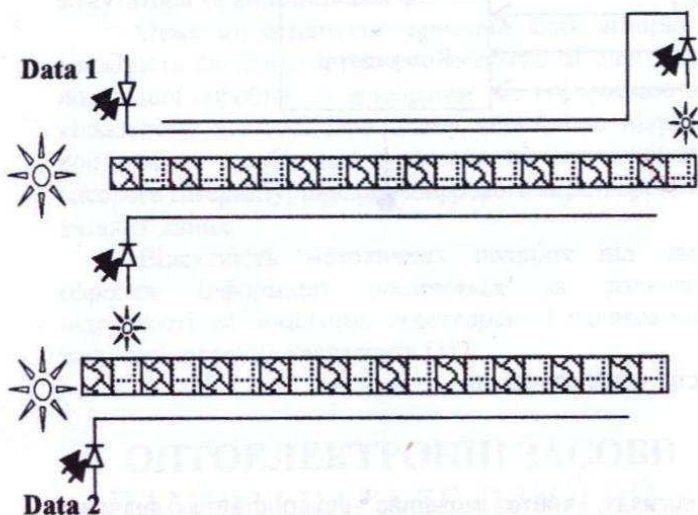
Візуальне сприймання отриманої інформації можливе або шляхом безпосереднього зчитування кількості збуджених квантронів в кожному розряді масиву пам'яті, відображення цієї інформації на спеціальних транспарантах.

### 3. АРИФМЕТИЧНІ ПРИСТРОЇ НА ОПТОЕЛЕКТРОННИХ ЗАСОБАХ ПАМ'ЯТІ

Створення будь-якої обчислювальної системи базується на створенні засобів пам'яті, та пристроїв виконання елементарних операцій. Для арифметичних операцій такою є операція додавання і відповідно базовим елементом є суматор.

Розглянуті вище оптоелектронні засоби пам'яті дозволяють створювати також і пристрої для виконання арифметичних дій.

Побудова на регістрі послідовного введення даних регістра зсуву, дає можливість виконувати операції додавання і віднімання цифр [3,4]. При цьому можлива побудова як суматора в якому зберігаються обидва доданки із збереженням результату на місці одного з доданків (фіг.4), так і накопичувального суматора з одним регістром для



Фіг.4 – Суматор на регістрі послідовної дії

введення даних і отримання результату.

На базі регістра паралельного запису інформації також можна побудувати як напівсуматори для додавання однорозрядних десяткових чисел, так і повні суматори для створення систем для оперування багаторозрядними числами з використанням сигналу переносу. Використання апаратних та програмних алгоритмів прискореного переносу, дає можливість суттєво зменшити час виконання операції додавання багаторозрядних десяткових чисел, що значно прискорить обробку великих масивів інформації.

### ВИСНОВОК

Таким чином, використання квантронів дозволить створювати ЕОМ в яких в якості носіїв інформації буде використане оптичне випромінювання, а обчислювальні та запам'ятовуючі пристрої будуть обробляти такі дані, що дозволить створювати системи моделювання які працюють в реальному масштабі часу.

Швидкість обробки наблизиться до максимально відомої на сьогоднішній день – до швидкості світла. Крім того, використання оптичних носіїв інформації дозволить суттєво збільшити швидкість поширення сигналу. Цей параметр впливає на швидкість системи в цілому і здатен звести на нівець переваги швидкісних процесорних елементів в зв'язку з великими відстанями (відносно розмірів та швидкодії ключових елементів) які доводиться долати сигналам.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Барковский Б.А., Малиновский Б.Н., Рабинович З.Л. "Вычислительная техника". Энциклопедия кибернетики, – Киев, Наукова думка, 1974 г.
2. Кожемяко В.П., Головань Т.В., Качуровский В.Е. "Применение многофункциональных модулей для преобразования и отображения информации". В сб. Новые разработки периферийного оборудования ЦВМ, – Киев, Знание, 1975 г.
3. Кожемяко В.П. "Оптоэлектронные логико-временные информационно-вычислительные среды". – Тбилиси, "Мецниереба", 1984.
4. "Кольцевой оптоэлектронный регистр сдвига". Кожемяко В.П. и др., А.С. SU № 1257703 А1