УДК 681.3+681.5:007

ПАРАЛЛЕЛЬНО–ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫЕ АЛГОРИТМЫ ПОИСКА ТОЧКИ С ХАРАКТЕРНЫМ ПРИЗНАКОМ, ПОМЕХОУСТОЙЧИВЫЕ К СИММЕТРИЧНЫМ НЕРЕГУЛЯРНЫМ ВИРТУАЛЬНЫМ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЯМ

АЛИПОВ Н.В., АЛИПОВ И.Н., КОРАБЛЕВ Н.М., РЕБЕЗЮК Л.Н.

Строятся параллельно-последовательные помехоустойчивые к виртуальным двуполярным последовательностям алгоритмы, у которых интервал времени между соседними выбросами является случайной величиной. Такие алгоритмы задают функционирование конечных автоматов с псевдослучайными переходами из одного состояния в другое и используются в системах защиты информации.

Проблема “поиска” широка и сложна [1,2]. В данном исследовании рассматривается ее часть: проблема одномерного помехоустойчивого поиска точки с характерным признаком на отрезке единичной длины [1,3]. Отличительными признаками этой проблемы являются:

– для подавления виртуальных последовательностей используется алгоритмический подход, в основе которого лежит принцип пересечения [2,4];

– уменьшение интервала неопределенности относительно точки с характерным признаком достигается выполнением на каждом шаге алгоритма экспериментов во временном интервале неопределенности относительно точки с характерным признаком.

Решение этой проблемы важно потому, что результаты исследования могут быть использованы в разнообразных областях науки и техники: аналого-цифровые преобразования; при обнаружении отказов систем; поиске данных, защите информации, избыточном представлении десятичных чисел, а также в теории вопросников [1,3,4].

Структура алгоритмов помехоустойчивого поиска определяется датчиками виртуальных последовательностей [5].

К настоящему моменту разработаны алгоритмы, помехоустойчивые к регулярным [6] и нерегулярным последовательностям, у которых длительность выброса последовательности является случайной величиной [7].

Известны также последовательные алгоритмы поиска точки с характерным признаком, помехоустойчивые к симметричным нерегулярным последовательностям, у которых случайной величиной является интервал времени между соседними выбросами [8]. Для этих алгоритмов характерно то, что любой их эксперимент одновременно выполняется только в одной точке $(k=1)$. Для параллельно-последовательных алгоритмов – то, что любой их эксперимент выполняется в k точках $(k>1)$ и количество шагов алгоритма всегда больше единицы.

Целью исследования является синтез параллельно-последовательных алгоритмов поиска точки с характерным признаком, помехоустойчивых к двуполярным (симметричным) нерегулярным (интервал времени между соседними выбросами виртуальной последовательности – случайная величина) последовательностям.

Заметим [4], что такие последовательности описываются: амплитудой выброса (a); длительностью выброса (ℓ) и интервалом времени между соседними выбросами (h). Алгоритм поиска характеризуется количеством его шагов (i) и точек (k), в которых одновременно выполняется эксперимент на j-м шаге алгоритма $(j \le i, k>1)$.

Формулировка задачи синтеза помехоустойчивых алгоритмов поиска приведена в работе [4]. Ее решение направлено на то, чтобы синтезировать правила выделения нового интервала неопределенности относительно точки x и стратегию поиска (правила распределения точек эксперимента во вновь сформированном интервале неопределенности).

В дальнейшем будем полагать, что $h \in [h_1, h_2]$; $\ell, a = \text{const}$; $k>1$; виртуальная последовательность двуполярная (симметричная), посредством которой точка x смещается в направлениях $0 \to 1$ и $1 \to 0$, h_1 – минимальное значение параметра h; a, ℓ, h – целые положительные числа; $x \in [0,1)$; $[0,1)$ – исходный полуоткрытый интервал неопределенности относительно точки x.

Первоначально сформулируем правила выделения нового интервала неопределенности на первом шаге алгоритма, а затем на любом другом его шаге.

Пусть на первом шаге алгоритма некоторым образом выбраны k точек первого эксперимента: $x_q^1 \in (0,1)$, $q=\overline{1,k}$. Тогда по итогам его выполнения может быть сформулирован один из исходов:

а) $x(t_1) \in [0, x_1^1)$;

б) $x(t_1) \in [x_{q_1}^1, x_{q_1+1}^1)$, $q=\overline{1,k-1}$; (1)

в) $x(t_1) \in [x_k^1, 1)$.

Для этих исходов на основании принципа “пересечения” [2] выделяем такие полуоткрытые интервалы неопределенности:

$$x \in [0, x_1^{1,2}); \quad x \in [x_{q_1}^{1,1}, x_{q_1+1}^{1,2}); \quad x \in [x_k^1, 1);$$

$$x_q^{1,2} = \begin{cases} x_q^1 + a\delta, & x_q^1 + a\delta \le 1; \\ 1 & \text{в противном случае;} \end{cases} \tag{2}$$

$$x_q^{1,1} = \begin{cases} x_q^1 - a\delta, x_q^1 - a\delta > 0; \\ 0 \text{ в противном случае;} \end{cases}$$

δ – дискретность квантования исходного интервала неопределенности.

Обобщим соотношения (2) для произвольного шага алгоритма. Пусть на j-м шаге алгоритма некоторым образом выбраны k точек эксперимента $x_1^j, x_2^j, ... x_{q_1}^j, ..., x_k^j$. Тогда по итогам его выполнения может быть сформирован один из исходов: а), б) либо в).

Для исхода типа а) устанавливаем

$$x \in [x_{q_3}^{j-1,1}, x_1^{j,2}), \quad q_3 = \overline{0,k}; \tag{3}$$

для исхода б) формируем такой полуоткрытый интервал неопределенности:

$$x \in [x_{q_1}^{j,1}, x_{q_1+1}^{j,2}), \quad q_1 = \overline{1,k}; \tag{4}$$

для исхода в) выделяем следующий полуоткрытый интервал неопределенности:

$$x \in [x_k^{j,1}, x_{q_3+1}^{j-1,2}), \tag{5}$$

где $x_{q_1}^{j,1} = \begin{cases} x_{q_1}^j - a\delta, x_{q_1}^j - a\delta > x_{q_3}^{j-1,1}; \\ x_{q_3}^{j-1,1} \text{ в противном случае;} \end{cases}$

$$x_{q_1+1}^{j,2} = \begin{cases} x_{q_1}^j + a\delta, x_{q_1+1}^j + a\delta \le x_{q_3+1}^{j-1,2}; \\ x_{q_3+1}^{j-1,2} \text{ в противном случае.} \end{cases}$$

При продолжении поиска для исхода а) может возникнуть такая ситуация: на $(j+1), (j+2), ..., (j+z-1)$ шагах алгоритма формировался исход типа а), а по итогам выполнения $(j+z)$ шага алгоритма $(z \ge \ell)$ был сформирован один из исходов: а), б) или в). Для этих исходов на основании принципа "пересечения" формируются следующие полуоткрытые интервалы неопределенности:

Для исхода а)

$$x \in [x_{q_3}^{j-1,1}, x_1^{j+z,2}), \tag{6}$$

где

$$x_1^{j+z,2} = \begin{cases} x_1^{j+z} + a\delta, x_1^{j+z} + a\delta \le \min\{x_{q_3+1}^j, x_1^{j+z-1,2}\}; \\ \min\{x_{q_3+1}^j, x_1^{j+z-1,2}\} \text{ в противном случае;} \end{cases}$$

для исхода б)

$$x \in [x_{q_2}^{j+z,1}, x_{q_2+1}^{j+z,2}), \tag{7}$$

где $q_2 = \overline{1, k-1}$;

$$x_{q_2}^{j+z,1} = \begin{cases} x_{q_2}^{j+z} - a\delta, x_{q_2}^{j+z} - a\delta \ge x_{q_3}^j; \\ x_{q_3}^j \, x_{q_2}^{j+z} - a\delta < x_{q_3}^j; \end{cases}$$

$$x_{q_2+1}^{j+z,2} = \begin{cases} x_{q_2+1}^{j+z} + a\delta, x_{q_2+1}^{j+z} + a\delta < \min\{x_{q_3+1}^j, x_1^{j+z-1,2}\}; \\ \min\{x_{q_3+1}^j, x_1^{j+z-1,2}\} \text{ в противном случае;} \end{cases}$$

для исхода в)

$$x \in [x_k^{j+z,1}, x_1^{j+z-1,2}), \tag{8}$$

где $x_k^{j+z,1} = \begin{cases} x_k^{j+z} - a\delta, x_k^{j+z} - a\delta \ge x_{q_3}^j; \\ x_{q_3}^j \text{ в противном случае.} \end{cases}$

При продолжении поиска для исхода в) (см. соотношение (4)) может возникнуть ситуация, для которой характерно то, что на $(j+1), (j+2), ..., (j+z-1)$ шагах алгоритма формировался исход типа б), а на $(j+z)$ шаге алгоритма $(z \ge \ell)$ появляется один из исходов: а), б) или в). В этом случае на основании принципа "пересечения" формируются такие полуоткрытые интервалы неопределенности:

для исхода а):

$$x \in [x_{q_z}^{j+z-1,1}, x_1^{j+z,2}), \tag{9}$$

где $q_z = \overline{1, k}$;

$$x_1^{j+z,2} = \begin{cases} x_1^{j+z} + a\delta, x_1^{j+z} + a\delta \le \min\{x_{q_1+1}^j, x_{q_z+1}^{j+z-1,2}\}; \\ \min\{x_{q_1+1}^j, x_{q_z+1}^{j+z-1,2}\} \text{ в противном случае;} \end{cases}$$

для исхода б)

$$x \in [x_{q_{z+1}}^{j+z,1}, x_{q_{z_1}+1}^{j+z,2}), \tag{10}$$

где $q_{z+1} = \overline{1, k-1}$;

$$x_{q_{z+1}}^{j+z,1} = \begin{cases} x_{q_{z+1}}^{j+z} - a\delta, x_{q_{z+1}}^{j+z} - a\delta \ge \max\{x_{q_1}^j, x_{q_z}^{j+z-1,1}\}; \\ \max\{x_{q_1}^j, x_{q_z}^{j+z-1,1}\} \text{ в противном случае;} \end{cases}$$

$$x_{q_{z+1}+1}^{j+z,2} = \begin{cases} x_{q_{z+1}+1}^{j+z} + a\delta, x_{q_{z+1}+1}^{j+z} + a\delta \le \min\{x_{q_1+1}^j, x_{q_z+1}^{j+z-1,2}\}; \\ \min\{x_{q_1+1}^j, x_{q_z+1}^{j+z-1,2}\} \text{ в противном случае;} \end{cases}$$

для исхода в)

$$x \in [x_{q_{z+1}}^{j+z,1}, x_{q_z+1}^{j+z-1,2}), \tag{11}$$

где $x_{q_{z+1}}^{j+z,1} = \begin{cases} x_{q_{z+1}}^{j+z} - a\delta, x_{q_{z+1}}^{j+z} - a\delta \ge \max\{x_{q_1}^j, x_{q_z}^{j+z-1,1}\}; \\ \max\{x_{q_1}^j, x_{q_z}^{j+z-1,1}\} \text{ в противном случае.} \end{cases}$

При продолжении поиска для исхода в) (см. соотношение (5)) возможна ситуация, для которой характерно следующее: на $(j+1), (j+2), ..., (j+z-1)$ шагах алгоритма формировался исход в), а при выполнении $(j+z)$ шага алгоритма $(z \ge \ell)$ возник один из исходов: а), б) или в). Для такой ситуации на основании принципа "пересечения" формируются такие полуоткрытые интервалы неопределенности:

для исхода а)

$$x \in [x_k^{j+z-1,1}, x_1^{j+z,2}), \tag{12}$$

где $x_1^{j+z,2} = \begin{cases} x_1^{j+z} + a\delta, x_1^{j+z} + a\delta \geq x_{q_3+1}^{j-1}; \\ x_{q_3+1}^{j-1} \text{ в противном случае;} \end{cases}$

для исхода б)

$$x \in [x_\rho^{j+z,1}, x_{\rho+1}^{j+z,2}), \quad (13)$$

где $\rho = \overline{1, k-1}$;

$$x_\rho^{j+z,1} = \begin{cases} x_\rho^{j+z} - a\delta, x_\rho^{j+z} - a\delta > \max\{x_k^j, x_{q_z}^{j+z-1,1}\}; \\ \max\{x_k^j, x_{q_z}^{j+z-1,1}\} \text{ в противном случае;} \end{cases}$$

$$x_{\rho+1}^{j+z,2} = \begin{cases} x_{\rho+1}^{j+z} + a\delta, x_{\rho+1}^{j+z} + a\delta \leq x_{q_3+1}^{j-1}; \\ x_{q_3+1}^{j-1} \text{ в противном случае;} \end{cases}$$

для исхода в)

$$x \in [x_k^{j+z,1}, x_{q_3+1}^{j-1,2}), \quad (14)$$

где $x_k^{j+z,1} = \begin{cases} x_k^{j+z} - a\delta, x_k^{j+z} - a\delta \geq \max\{x_k^j, x_k^{j+z-1,1}\}; \\ \max\{x_k^j, x_k^{j+z-1,1}\} \text{ в противном случае.} \end{cases}$

При организации поиска точки с характерным признаком может возникнуть такая ситуация: на j-м шаге алгоритма сформирован исход типа б), на последующих $(j+1), (j+2), ..., (j+z-1)$ шагах алгоритма формировался исход типа а), а на $(j+z)$ шаге $(z \geq \ell)$ была применена смешанная стратегия:

$$x_{q_1}^{j,1} < x_1^{j+z} < ... < x_{\gamma_1} = x_{q_1}^{j-1} < x_{\gamma_1+1}^{j+z} < ...$$
$$... < x_k^{j+z} < x_1^{j+z-1}. \quad (15)$$

В результате применения такой стратегии может появиться один из исходов:

c1) $x(t_{j+z}) \in [x_{\Delta_1}^{j+z}, x_{\Delta_1+1}^{j+z})$, $\Delta_1 = \overline{0, \gamma_1 - 1}$;

c2) $x(t_{j+z}) \in [x_{\Delta_2}^{j+z}, x_{\Delta_2+1}^{j+z})$, $\Delta_2 = \overline{\gamma_1, k-1}$;

c3) $x(t_{j+z}) > x_k^{j+z}$.

Для исхода c2) характерно то, что результаты экспериментов, разнесенных во времени на ℓ шагов алгоритма, совпали: $(x(t_j) > x_{q_1}^j; x(t_{j+z}) > x_{q_1}^{j+z})$. Это означает, что на j-м шаге алгоритма виртуальная последовательность не проявлялась.

На этом основании для исхода c2) устанавливаем

$$x \in [x_{\Delta_2}^{j+z,1}, x_{\Delta_2+1}^{j+z,2}), \quad (16)$$

где $x_{\Delta_2}^{j+z,1} = \begin{cases} x_{\Delta_2}^{j+z} - a\delta, x_{\Delta_2}^{j+z} - a\delta > x_{q_1}^j; \\ x_{q_1}^j \text{ в противном случае;} \end{cases}$

$$x_{\Delta_2+1}^{j+z,2} = \begin{cases} x_{\Delta_2+1}^{j+z} + a\delta, x_{\Delta_2+1}^{j+z} + a\delta \leq \min\{x_{q_1+1}^j, x_1^{j+z-1,2}\}; \\ \min\{x_{q_1+1}^j, x_1^{j+z-1,2}\} \text{ в противном случае.} \end{cases}$$

Для исхода c3) на основании принципа "пересечения" будем иметь:

$$x \in [x_k^{j+z,1}, x_1^{j+z+1,2}), \quad (17)$$

где $x_k^{j+z,1} = \begin{cases} x_k^{j+z} - a\delta, x_k^{j+z} - a\delta > x_{q_1}^j; \\ x_{q_1}^j \text{ в противном случае.} \end{cases}$

Для исхода c1) возникшее противоречие свидетельствует о проявлении виртуальной последовательности на $(j \div j+z-1)$ шагах алгоритма либо на $(j+z \div j+z+\ell-1)$ шагах.

В этой неопределенности, которая будет продолжаться на последующих $(\ell-1)$ шагах, размещаем точки эксперимента в полуоткрытом интервале $[x_{\Delta_1}^{j+z}, x_{\Delta_1+1}^{j+z})$ согласно стратегии классического алгоритма. Затем на $(j+z+\ell)$-м шаге принимаем такую стратегию: $(k-1)$ точек эксперимента размещаем в выделенном на $(j+z+\ell-1)$-м шаге алгоритма интервале неопределенности, а k-ю точку этого эксперимента размещаем согласно соотношению

$$x_k^{j+z+l} = x_{q_1}^j. \quad (18)$$

При этом могут возникнуть два определяющих исхода:

$$d_1)\ x(t_{j+z+\ell}) > x_{q_1}^j;\ d_2)\ x(t_{j+z+\ell}) < x_{q_1}^j. \quad (19)$$

Исход d1) свидетельствует о том, что виртуальная последовательность проявилась на $(j+z \div j+z+\ell-1)$ шагах алгоритма, смещая точку с характерным признаком влево. На этом основании относительно точки и выделяем такой полуоткрытый интервал неопределенности:

$$x \in [x_{q_1}^j, x_{q_1}^{j,2}). \quad (20)$$

В интервале неопределенности, выделенном на $(j+z-1)$-м шаге алгоритма, организуем процесс поиска x. На этом полуоткрытом интервале применяем комбинированный алгоритм: на последующих $(h_1 - 1)$ шагах применяем классический алгоритм поиска; затем пропускаем $(h_2 - h_1 + \ell)$ шагов алгоритма (рассматривается наихудший случай); потом снова на последующих h_1 шагах используем классический алгоритм поиска и так до конца поиска. Посредством такой стратегии выделенный на $(j+z-l)$-м шаге алгоритма полуоткрытый интервал неопределенности за оставшиеся шаги алгоритма разобьется на $\psi_2^{h_1,h_2,\ell,a}(i-j-z-\ell, k)$ равных частей. Для этой функции справедливо соотношение:

$$\psi_2^{h_1,h_2,\ell,a}(i-j-z-\ell, k) = (k+1)^{h_1-1} \times$$
$$\times 2^{h_1 \left]\frac{i-j-z-\ell-h_1+1}{\ell+h_2}\right[2^{\alpha}}; \quad (21)$$

где

$$\alpha=\begin{cases}0,(i-j-\ell-z-h_1+1)-(\ell+h_2)\left]\dfrac{i-j-\ell-z-h_1+1}{\ell+h_2}\right[\le(\ell+h_2-h_1);\\(i-j-\ell-z-h_1+1)-(\ell+h_2)\left]\dfrac{i-j-\ell-z-h_1+1}{\ell+h_2}\right[-(\ell+h_2-h_1);\\(i-j-\ell-z-h_1+1)-(\ell+h_2)\left]\dfrac{i-j-\ell-z-h_1+1}{\ell+h_2}\right[>(\ell+h_2-h_1).\end{cases}$$

Если при выполнении смешанной стратегии (18) сформировался исход d_2), то это свидетельствует о том, что виртуальная последовательность имела место на $(j \div j+z-1)$ шагах алгоритма, смещая точку с характерным признаком вправо.

Поскольку последние $(\ell-1)$ шагов алгоритма выполнялись по схеме классического алгоритма, каждый эксперимент которого совершался в k точках, а на $(j+z+\ell)$ снова был применен классический алгоритм, каждый эксперимент которого совершался в $(k-1)$ точках, то полуоткрытый интервал $[x^{j+z}_{\Delta_1}, x^{j+z}_{\Delta_1+1})$ будет за эти шаги уменьшен в $k(k+1)^{\ell-1}$ раз. Затем при дальнейшем поиске на полуоткрытом интервале неопределенности, выделенном на $(j+z+\ell)$ -м шаге, применяют комбинированный алгоритм поиска.

Следует заметить, что количество использованных шагов, расположенных между двумя соседними выбросами последовательности, определяется соотношением [1]

$$N_1=(h_1-z-1)\,. \tag{22}$$

Поэтому комбинированный алгоритм поиска на последующих N_1 шагах использует стратегию классического алгоритма поиска; затем пропускает $(h_2-h_1+\ell)$ шагов алгоритма, потом на последующих h_1 шагах снова использует стратегию классического алгоритма и так до конца поиска.

Посредством такой процедуры полуоткрытый интервал неопределенности $[x^{j+z}_{\Delta_1}, x^{j+z}_{\Delta_1+1})$ будет разбит на $\psi_2^{h_1,h_2,\ell,a}(i-j-z-1,k)$ равных частей. Для этой функции справедливы соотношения:

$$\psi_2^{h_1,h_2,\ell l,a}(i-j-z-1,k)=k(k+1)^{\ell-1}(k+1)^{h_1-z-1}\times$$
$$\times(k+1)^{h_1\left]\frac{i-j-h-\ell+1}{\ell+h_2}\right[}(k+\alpha)^{\alpha_1}\,, \tag{23}$$

где

$$\alpha=\begin{cases}0,(i-j-h_1-\ell+1)-(\ell+h_2)\left]\dfrac{i-j-h_1-\ell+1}{\ell+h_2}\right[\le\ell+h_2-h_1;\\(i-j-h_1-\ell+1)-(\ell+h_2)\left]\dfrac{i-j-h_1-\ell+1}{\ell+h_2}\right[-(\ell+h_2-h_1);\\(i-j-h_1-\ell+1)-(\ell+h_2)\left]\dfrac{i-j-h_1-\ell+1}{\ell+h_2}\right[>\ell+h_2-h_1;\end{cases}$$

$h_1\ge z+1;\ z-\ell+1<h_1$.

При организации поиска точки с характерным признаком может возникнуть и такая ситуация: на j -м шаге сформирован исход б), на последующих $(j+1),(j+2),...,(j+z-1)$ шагах формировался исход типа в), а на $(j+z)$ шаге алгоритма $(z\ge\ell)$ была применена смешанная стратегия:

$$x_k^{j+z-1}<x_1^{j+z}<x_2^{j+z}<...<x_\beta^{j+z}=x^j_{q_1+1}<x^{j+z}_{\beta+1}<...<x_k^{j+z}<x^{j,q}_{q_1+1}. \tag{24}$$

В результате применения такой стратегии может появиться один из исходов:

c_1^1) $x(t_{j+z})\in[x^{j+z}_{\Delta_3}, x^{j+z}_{\Delta_3+1})$, $\Delta_3=\overline{1,\beta-1}$;

c_2^1) $x(t_{j+z})<x_1^{j+z}$;

c_3^1) $x(t_{j+z})\in[x^{j+z}_{\Delta_4}, x^{j+z}_{\Delta_4+1})$, $\Delta_4=\overline{\beta,k}$.

Для исхода c_1^1) характерно то, что результаты экспериментов, разнесенных во времени на ℓ шагов алгоритма, совпадают:

$$(x(t_j)<x^j_{q_1+1}; x(t_{j+z})<x^{j+z}_{q_1})\,.$$

Это подтверждает утверждение, что на j -м шаге алгоритма виртуальная последовательность не проявлялась. Для такого исхода устанавливаем:

$$x\in[x^{j+z,1}_{\Delta_3}, x^{j+z,2}_{\Delta_3+1})\,, \tag{25}$$

где $x^{j+z,1}_{\Delta_3}=\begin{cases}x^{j+z}_{\Delta_3}-a\delta,\ x^{j+z}_{\Delta_3}-a\delta\ge\max\{x^j_{q_1}, x_k^{j+z-1,1}\};\\ \max\{x^j_{q_1}, x_k^{j+z-1,1}\}\ \text{в противном случае.}\end{cases}$

Для исхода c_2^1) на основании принципа “пересечения” будем иметь:

$$x\in[x_k^{j+z-1,1}, x_1^{j+z,2})\,, \tag{26}$$

здесь $x_1^{j+z,2}=\begin{cases}x_1^{j+z}+a\delta,\ x_1^{j+z}+a\delta\le x^j_{q_1+1};\\ x^j_{q_1+1}\ \text{в противном случае.}\end{cases}$

Для исхода c_3^1) возникшее противоречие свидетельствует о проявлении виртуальной последовательности на $(j\div j+z-1)$ шагах алгоритма либо на $(j+z\div j+z+\ell-1)$ шагах. Этот исход разрешают таким же образом, как и исход c_1). Отличие заключается в том, что на последующих $(\ell-1)$ шагах точки экспериментов размещаются согласно стратегии классического алгоритма поиска в полуоткрытом интервале неопределенности $[x^{j+z}_{\Delta_4}, x^{j+z}_{\Delta_4+1})$. Затем на $(j+z+\ell)$ -м шаге $(k-1)$ точки экспериментов размещают в выделенном на $(j+z+\ell-1)$ шаге алгоритма интервале неопределенности, а первую точку этого эксперимента размещают согласно соотношению:

$$x_1^{j+z+\ell}=x^j_{q_1+1}\,. \tag{27}$$

При этом может возникнуть один из исходов:

$$d_1^1)\ x(t_{j+z+\ell}) \le x_{q_1+1}^{j};\ d_2^1)\ x(t_{j+z+\ell}) > x_{q_1+1}^{j}. \quad (28)$$

Исход $d_1^1)$ свидетельствует о том, что виртуальная последовательность проявилась на $(j+z \div j+z+\ell-1)$ шагах алгоритма, смещая точку с характерным признаком вправо. На основании принципа "пересечения" выделяем относительно точки x такой полуоткрытый интервал:

$$x \in [x_{q_1+1}^{j,1}, x_{q_1+1}^{j}). \quad (29)$$

В интервале неопределенности, сформированном на $(j+z-1)$-м шаге алгоритма, организуем процесс поиска согласно стратегии комбинированного алгоритма поиска, рассмотренной для разрешения исхода d_1). Этот комбинированный алгоритм поиска разобьет выделенный на $(j+z-1)$-м шаге алгоритма интервал неопределенности относительно точки x на $\psi_2^{h_1,h_2,\ell,a}(i-j-z-\ell,k)$ равных частей (см. соотношение (21)).

Если при выполнении стратегии (27) был сформулирован исход $d_2^1)$, то это свидетельствует о том, что виртуальная последовательность проявлялась на $(j \div j+z-1)$ шагах алгоритма, смещая точки с характерным признаком влево. В этом случае в полуоткрытом интервале неопределенности, выделенном на $(j+z+\ell)$-м шаге алгоритма, применяем известный комбинированный алгоритм, использованный для исхода d_2). Этот алгоритм полуоткрытый интервал $[x_{\Delta_4}^{j+z}, x_{\Delta_4+1}^{j+z})$ разобьет за оставшиеся шаги алгоритма на $\psi_2^{h_1,h_2,\ell,a}(i-j-z-1,k)$ равных частей (см. соотношение (23)).

При организации поиска точки с характерным признаком может возникнуть ситуация: на j-м шаге был сформирован исход б), на последующих $(j+1),(j+2),...,(j+z-1)$ шагах алгоритма формировался также исход б), а на $(j+z)$ шаге алгоритма $(z \ge \ell)$ была применена смешанная стратегия:

$$x_{q_1}^{j,1} < x_1^{j+z} < x_2^{j+z} < ... < x_{\gamma_1}^{j+z} = x_{q_1}^{j} < ... < x_{q_z}^{j+z-1} < x_{q_z+1}^{j+z} < ... <$$
$$< x_{q_z+1}^{j+z-1} < ... < x_{q_1+1}^{j} = x_{\beta}^{j+z} < ... < x_k^{j+z} < x_{q_z+1}^{j,2}. \quad (30)$$

В результате применения такой стратегии может появиться один из исходов:

$c_1^2)$ $x(t_{j+z}) \in [x_{\Delta_1}^{j+z}, x_{\Delta_1+1}^{j+z})$, $\Delta_1 = \overline{0,\gamma_1-1}$;

$c_2^2)$ $x(t_{j+z}) > x_{q_1}^{j} = x_{\gamma_1}^{j+z}$, $x(t_{j+z}) < x_{\gamma_1+1}^{j+z}$;

$c_3^2)$ $x(t_{j+z}) \in [x_{\Delta_2}^{j+z}, x_{\Delta_2+1}^{j+z})$, $\Delta_2 = \overline{\gamma_1+1,\beta-2}$;

$c_4)$ $x(t_{j+z}) > x_{\beta-1}^{j+z}$, $x(t_{j+z}) < x_{q_1+1}^{j}$;

$c_5)$ $x(t_{j+z}) \in [x_{\Delta_4}^{j+z}, x_{\Delta_4+1}^{j+z})$, $\Delta_4 = \overline{\beta,k}$.

Для исхода $c_2^2)$ на основании принципа "пересечения" устанавливаем:

$$x \in [x_{q_z}^{j+z-1,1}, x_{\gamma_1+1}^{j+z,2}), \quad (31)$$

где
$$x_{q_z}^{j+z-1,1} = \begin{cases} x_{q_z}^{j+z-1} - a\delta, & x_{q_z}^{j+z-1} - a\delta > x_{q_1}^{j}; \\ x_{q_1}^{j} & \text{в противном случае;} \end{cases}$$

$$x_{\gamma_1+1}^{j+z,2} = \begin{cases} x_{\gamma_1+1}^{j+z} + a\delta, & x_{\gamma_1+1}^{j+z} + a\delta \le \min\{x_{q_1+1}^{j}, x_{q_z+1}^{j+z-1,2}\}; \\ \min\{x_{q_1+1}^{j}, x_{q_z+1}^{j+z-1,2}\} & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

Поскольку исход типа $c_3^2)$ противоречит исходу типа б), для которого $x(t_j) \in [x_{q_1}^{j}, x_{q_1+1}^{j})$, то формируем такой полуоткрытый интервал неопределенности:

$$x \in [x_{\Delta_2+1}^{j+z,1}, x_{\Delta_2+1}^{j+z,2}), \quad (32)$$

где
$$x_{\Delta_2}^{j+z,1} = \begin{cases} x_{\Delta_2}^{j+z} - a\delta, & x_{\Delta_2}^{j+z} - a\delta \ge \max\{x_{q_1}^{j}, x_{q_z}^{j+z-1,1}\}; \\ \max\{x_{q_1}^{j}, x_{q_z}^{j+z-1,1}\} & \text{в противном случае,} \end{cases}$$

$$x_{\Delta_2+1}^{j+z,2} = \begin{cases} x_{\Delta_2+1}^{j+z} + a\delta, & x_{\Delta_2+1}^{j+z} + a\delta \le \min\{x_{q_1+1}^{j}, x_{q_z+1}^{j+z-1,2}\}; \\ \min\{x_{q_1+1}^{j}, x_{q_z+1}^{j+z-1,2}\} & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

Для исхода c_4) противоречий не возникает, что позволяет утверждать: $x \in [x_{q_1}^{j}, x_{q_1+1}^{j})$ и относительно точки с характерным признаком сформировать полуоткрытый интервал неопределенности:

$$x \in [x_{\beta-1}^{j+z,1}, x_{q_z+1}^{j+z-1,2}), \quad (33)$$

где
$$x_{\beta-1}^{j+z,1} = \begin{cases} x_{\beta-1}^{j+z} - a\delta, & x_{\beta-1}^{j+z} - a\delta \ge \max\{x_{q_1}^{j}, x_{q_z}^{j+z-1,1}\}; \\ \max\{x_{q_1}^{j}, x_{q_z}^{j+z-1,1}\} & \text{в противном случае,} \end{cases}$$

$$x_{q_z+1}^{j+z-1,2} = \begin{cases} x_{q_z+1}^{j+z-1} + a\delta, & x_{q_z+1}^{j+z-1} + a\delta < x_{q_1+1}^{j}; \\ x_{q_1+1}^{j} & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

Нетрудно заметить, что итоги исходов $c_1^2)$ и c_5) противоречат шагам исхода б), возникшего при выполнении j-го шага алгоритма. Это противоречие свидетельствует о действии виртуальной последовательности на $(j \div j+z-1)$ шагах алгоритма либо — на $(j+z \div j+z+\ell-1)$ шагах.

Поскольку исход $c_1^2)$ аналогичен исходу c_1), а исход c_5) — исходу $c_3^1)$, то они разрешаются известным нам способом (см. соотношения (21), (23)).

Следует заметить, что соотношения (2), (17), (20), (25), (28), (29), (31) - (33) позволяют для любых исходов, возникших в процессе поиска точки с характерным признаком, сформировать новый полуоткрытый интервал неопределенности относительно точки x.

Как известно [1,2], для решения задачи синтеза помехоустойчивых алгоритмов поиска точки с характерным признаком необходимо разработать не только правила формирования нового полуоткрытого интервала относительно такой точки, но и правила распределения точек эксперимента во вновь возникшем интервале неопределенности (стратегии поиска).

Для параллельно-последовательных алгоритмов применяют три стратегии [2]: оптимистическую, пессимистическую и смешанную.

Оптимистическую стратегию всегда применяют на первом шаге алгоритма: $x_q^1 \in (0,1)$, $q = \overline{1,k}$., а также в том случае, когда на j-м шаге алгоритма возникает исход $x(t_j) \in [x_q^j, x_{q+1}^j)$, $q = \overline{1,k}$, на основании которого формируют интервал неопределенности

$$x \in [x_q^{j,1}, x_{q+1}^{j,2}), \qquad (34)$$

а при выполнении $(j+z)$-го шага алгоритма $(z < \ell)$ точки следующего эксперимента размещают в интервале

$$(x_{q_{z-1}}^{j+z-1}, x_{q_{z-1}+1}^{j+z-1}), \quad q_{z-1} = \overline{0,k}. \qquad (35)$$

Для всех других вариантов, когда справедливо соотношение

$$z \ge \ell, \qquad (36)$$

применяют оптимистическую либо смешанную стратегию. Ту или иную стратегию выбирают на основе анализа соотношений (21), (23) и длин полуоткрытых интервалов неопределенности $[x_q^{j,1}, x_q^j)$ и $[x_{q+1}^j, x_{q+1}^{j,2})$.

Предположим, что на j-м шаге алгоритма относительно точек с характерным признаком сформулирован полуоткрытый интервал неопределенности:

$$x \in [x_{q_1}^{j,1}, x_{q_1+1}^{j,2}), \qquad (37)$$

где $j_1, j_2 \le i$; $q_1 = \overline{0,k}$.

Тогда для (37) характерны такие соотношения:

а) $j - j_1 < \ell$;

б) $j - j_1 \ge \ell$; $j - j_2 < \ell$;

в) $j - j_1 < \ell$; $j - j_2 \ge \ell$; (38)

г) $j - j_1 \ge \ell$; $j - j_2 \ge \ell$.

Если возникает ситуация а), то на j-м шаге алгоритма применяется оптимистическая стратегия, точки j-го эксперимента размещаются следующим образом:

$$x_{q_2}^j \in (x_\rho^{j-1}, x_{\rho+1}^{j-1}), \qquad (39)$$

где $\rho = \overline{0,k}$, $x(t_{j-1}) \in [x_\rho^{j-1}, x_{\rho+1}^{j-1})$.

Если возникает ситуация б), то на j-м шаге алгоритма применяется одна из стратегий: оптимистическая или смешанная.

Для того чтобы определиться в выборе стратегии, найдем длины интервалов неопределенности

$$[x_{q_1}^{j_1,1}, x_{q_1}^j), \quad [x_{q_1+1}^{j_2}, x_{q_1+1}^{j_2,2}).$$

Для этой цели воспользуемся соотношением (23). Длина полуоткрытого интервала неопределенности определяется соотношением (см. (15), (23)):

$$\ell([a,b]) = \delta \cdot \gamma_1 k (k+1)^{\ell-1} (k+1)^{h_1 - z_1 - 1} \times$$
$$\times (k+1)^{h_1 \left]\frac{i - j_1 - h_2 - \ell + 1}{\ell + h_2}\right[} (k+1)^{\alpha_1}, \qquad (40)$$

где $z_1 = j - j_1$, $\gamma_1 \le k$, γ_1 — первое целое число, для которого выполняется неравенство (40) (α_1 определяется таким же образом, как и для соотношения (23)).

В том случае, когда $z_2 = j - j_2 \ge \ell$, длина интервала неопределенности определяется (см. соотношения (23), (24)):

$$\ell(a_1, b_1]) \le \delta \cdot (k - \beta + 1) k (k+1)^{\ell-1} (k+1)^{h_1 - z_2 - 1} \times$$
$$\times (k+1)^{\alpha_1} (k+1)^{h_1 \left]\frac{i - j_2 - h_1 - \ell + 1}{\ell + h_2}\right[}, \qquad (41)$$

где $z_2 = j - j_2$, β — первое целое число, для которого справедливо неравенство (41) (α_1 определяется таким же образом, как и для соотношения (23)).

Очевидным является то, что для полуоткрытого интервала $[a,b)$ и $[x_{q_1}^{j_1,1}, x_{q_1}^{j_1})$ должно выполняться соотношение

$$\ell([x_{q_1}^{j_1,1}, x_{q_1}^{j_1}]) \le \ell([a,b]), \quad \gamma_1 \le k. \qquad (42)$$

Если (42) выполняется, то смешанную стратегию (15) можно применить на следующем $(j+1)$-м шаге в том случае, когда имеет место выражение:

$$\ell([x_{q_1}^{j_1,1}, x_{q_1}^{j_1}]) \le \delta \cdot \gamma_1^1 k (k+1)^{\ell-1} (k+1)^{h_1 - z_1^1 - 1} \times$$
$$\times (k+1)^{\alpha_1} (k+1)^{h_1 \left]\frac{i - j_1 - h_1 - \ell + 1}{\ell + h_2}\right[}, \qquad (43)$$

где $z_1^1 = j + 1 - j_1$, $j + 2 - j_1 \le h_1$, $j + 1 - j_2 < \ell$, $\gamma_1^1 \le k$.

Если же соотношение (42) выполняется, а (43) не выполняется, то смешанная стратегия (15) применяется на j-м шаге алгоритма.

Стратегия (15) применяется на j-м шаге алгоритма и тогда, когда соотношение (43) выполняется, но при этом имеет место неравенство: $j + 2 - j_1 > h_1$.

В том случае, когда соотношения (42), (43) выполняются и имеет место неравенство $j + 1 - j_2 \ge \ell$, на $(j+1)$-м шаге алгоритма может быть использована смешанная стратегия (30). Для того чтобы на $(j+1)$-м шаге алгоритма воспользоваться стратегией (30), необходимо, чтобы наряду с истинностью соотношения (43) имели место такие выражения:

$$\ell([x^{j_2}_{q_1+1}, x^{j_2,2}_{q_1+1}]) \le \delta(k-\beta_1+1)k(k+1)^{\ell-1}(k+1)^{h_1-z_2^1-1} \times$$
$$\times (k+1)^{\alpha_1}(k+1)^{h_1\left]\frac{i-j_2-h_1-\ell+1}{\ell+h_2}\right[}, \quad (44)$$

где $z_2^1 = j+1-j_2$, $j-2-j_2 \le h_1$, $1 \le \beta_1 \le k$, $\gamma_1^1 \ge 1$, $\gamma_1^1 < \beta_1$.

Если же соотношения (44) не выполняются, то смешанная стратегия (15) используется на j-м шаге алгоритма.

Если возникает ситуация в), то на j-м шаге алгоритма применяется также одна из стратегий: оптимистическая или смешанная.

Для того чтобы на j-м шаге алгоритма не использовать смешанную стратегию (24), необходимо, чтобы имели место такие соотношения:

$$\ell([x^{j_2}_{q_1+1}, x^{j_2,2}_{q_1+1}]) \le \delta(k-\beta+1)k(k+1)^{\ell-1}(k+1)^{h_1-z_2^1-1} \times$$
$$\times (k+1)^{h_1\left]\frac{i-j_2-h_1-\ell+1}{\ell_2+h_2}\right[}(k+1)^{\alpha_1}; \quad (45)$$

$$\ell([x^{j_2}_{q_1+1}, x^{j_2,2}_{q_1+1}]) \le \delta(k-\beta_1^1+1)k(k+1)^{\ell-1}(k+1)^{h_1-z_2^1-1} \times$$
$$\times (k+1)^{h_1\left]\frac{i-j_2-h_1-\ell+1}{\ell_2+h_2}\right[}(k+1)^{\alpha_1},$$

где $z_2^1 = j+1-j_2$, $j-2-j_2 \le h_1$, $1 \le \beta_1 \le k$, $j+1-j_1 < \ell$, $1 \le \beta \le k$.

Если первое неравенство (45) выполняется, а второе не выполняется, то на j-м шаге используют смешанную стратегию (24). Ее применяют на j-м шаге и в том случае, когда соотношения (45) выполняются, но при этом имеет место неравенство $j+2-j_2 > h_1$.

В том случае, когда соотношения (45) выполняются и при этом имеет место неравенство $j+1-j_1 \ge \ell$, то на $(j+1)$ шаге алгоритма может быть использована смешанная стратегия (30).

Для того чтобы на $(j+1)$ шаге алгоритма применить стратегию (30), необходимо, чтобы наряду с истинностью соотношений (45) истинными были и выражения

$$\ell([x^{j_1,1}_{q_1}, x^{j}_{q_1}]) \le \delta\gamma_1^1 k(k+1)^{\ell-1}(k+1)^{h_1-z_1^1} \times$$
$$\times (k+1)^{\alpha_1}(k+1)^{h_1\left]\frac{i-j_1-h_1-\ell+1}{\ell+h_2}\right[}, \quad (46)$$

где $j+2-j_1 \le h_1$, $\gamma_1^1 \ge 1$, $\gamma_1^1 < \beta$.

Если же соотношения (46) не выполняются, то на j-м шаге алгоритма используют смешанную стратегию (24).

Если же на j-м шаге возникает ситуация г), то в этом случае может быть использована одна из стратегий: оптимистическая; смешанная (15), смешанная (24) или смешанная стратегия (30).

Для того чтобы выбрать стратегию поиска, необходимо выяснить: являются ли истинными соотношения (40), (43) и (45); определить значения параметров γ_1, γ_1^1, β и β_1. При этом, если все соотношения (40), (43) и (45) выполняются, а также выполняются выражения

$$j+2-j_1 \le h_1, \; j+2-j_2 \le h_1, \; \gamma_1 < \beta,$$
$$\gamma_1^1 < \beta_1, \; 1 \le \beta_1 \le k, \quad (47)$$

то на j-м шаге алгоритма используют оптимистическую стратегию.

Если же все соотношения (40), (43) и (45) выполняются и при этом истинными являются выражения $j+2-j_1 \le h_1$, $j+2-j_2 \le h_1$, $\gamma_1^1 = k$, $\beta_1 = 1$, то на j-м шаге применяется смешанная стратегия $x_1^j = x^{j_1}_{q_1}$, $x_k^j = x^{j_1}_{q_1+1}$, а все остальные точки j-го эксперимента располагаются в выделенном на $(j-1)$-м шаге алгоритма интервале неопределенности.

Если же при истинности соотношений (40), (43), (45) имеют место неравенства $\gamma_1^1 > k$, $\beta > 1$, $j+2-j_1 \le h_1$, $j+2-j_2 \le h_1$, то на j-м шаге алгоритма применяют смешанную стратегию (15).

Если истинными являются соотношения (40), (43), (45), то при истинности неравенств

$$\gamma_1^1 = k, \; \beta_1^1 > 1, \; j+2-j_1 \le h_1, \; j+2-j_2 \le h_2 \quad (48)$$

применяют такую смешанную стратегию: $x_1^j = x^j_{q_1}$, а все остальные точки j-го эксперимента размещают в выделенном на $(j-1)$-м шаге алгоритма поиска интервале неопределенности. При истинности соотношений:

$$\gamma_1^1 < k, \; \beta_1^1 = 1, \; j+2-j_1 \le h_1, \; j+2-j_2 \le h_2 \quad (49)$$

применяют смешанную стратегию вида $x_k^j = x^{j_2}_{q_1+1}$, а все остальные точки располагают в выделенном на $(j-1)$-м шаге алгоритма интервале неопределенности. При истинности выражений

$$\gamma_1^1 < k, \; \beta_1^1 < 1, \; j+2-j_1 \le h_1, \; j+2-j_2 \le h_1$$

используют смешанную стратегию (24); при истинности неравенств

$$\gamma_1^1 > k, \; \beta_1^1 < 1, \; j+2-j_1 \le h_1, \; j+2-j_2 \le h_1$$

применяют смешанную стратегию (30). Следует заметить, что смешанная стратегия (15) используется при истинности таких неравенств:

$$j-j_1+2 > h_1, \; j-j_2+2 \le h_1;$$

смешанная стратегия (24) – при истинности соотношений:

$$j-j_1+2 \le h_1, \; j-j_2+2 > h_1; \quad (50)$$

смешанная стратегия (30) используется при истинности выражений: $j-j_1+2 > h_1$, $j-j_2+2 > h_1$.

При синтезе параллельно-последовательных алгоритмов поиска точки с характерным признаком, помехоустойчивых к виртуальным симметричным последовательностям, пессимистическая стратегия в обязательном порядке применяется на последних $(2\ell+1)$ шагах алгоритма. При этом k точек эксперимента выбирают таким образом, чтобы они выделенный на предыдущем шаге алгоритма интервал неопределенности разбивали на равные части, а на всех последующих – эксперимент повторяют. Такую процедуру в худшем случае повторяют $(2\ell+1)$ раз. Если в процессе поиска $(\ell+1)$ раз, к примеру, был сформирован полуоткрытый интервал неопределенности (x_q, x_{q+1}), $q=\overline{0,k}$, то исходя из свойств виртуальной последовательности, устанавливают $x \in [x_q, x_{q+1})$.

Нетрудно убедиться в истинности соотношений

$$\psi_2^{h_1,h_2,\ell,a}(1,k)=...=\psi_2^{h_1,h_2,\ell,a}(2\ell,k)=1,$$

$$\psi_2^{h_1,h_2,\ell,a}(2\ell+1,k)=(k+1). \quad (51)$$

Построение параллельно-последовательных алгоритмов поиска точки с характерным признаком, помехоустойчивых к симметричным нерегулярным виртуальным последовательностям, осуществляется методом индукции по i по такой схеме [4]:

1. Построить для заданных параметров алгоритма и виртуальной последовательности $(i-1)$-шаговый помехоустойчивый параллельно-последовательный алгоритм поиска. Расположить точки первого эксперимента в исходном интервале неопределенности. Присвоить переменной j значение, равное единице.

2. Сформировать возможный исход. Если все исходы первого шага проанализированы, то перейти на п.7, иначе – на п.3.

3. Используя одно из соотношений (2), (17), (20), (25), (28), (29), (31) - (33), сформировать новый полуоткрытый интервал неопределенности.

4. Положить $j=j+1$ и если $j \le i$, то на основании соотношений (21), (23), (24), (30), (40), (51) выбрать точки следующего j-го эксперимента и перейти на п.5, иначе – на п.6.

5. Сформировать возможный исход на j-м шаге алгоритма. Если все исходы j-го шага алгоритма проанализированы, то перейти на п.6, иначе – на п.3.

6. Положить $j=j+1$. Если $j=1$, то перейти на п.2, иначе перейти на п.5.

7. Местоположение точек экспериментов для всех исходов определены (алгоритм построен).

Следует заметить, что синтезированные правила для формирования нового полуоткрытого интервала неопределенности для точек с характерным признаком, распределения точек j-го эксперимента во вновь выделенном полуоткрытом интервале неопределенности позволяют по описанной схеме построить новый класс помехоустойчивых параллельно-последовательных алгоритмов поиска точек для любых параметров виртуальной последовательности, рассматриваемого класса и параметров алгоритма. Тем самым можно определить формирование конечных автоматов с псевдослучайными переходами систем защиты информации.

Литература: 1. *Алипов Н.В.* Помехоустойчивый поиск точки с характерным признаком и кодирование информации// Радиоэлектроника и информатика. 2000. № 4. С.82-86. 2. *Альсведе Р., Вегенер И.* Задачи поиска. М.: Мир, 1982. 365 с. 3. *Алипов Н.В.* Дискретные автоматы с псевдослучайными переходами и подстановочные методы защиты информации на их основе// Радиоэлектроника и информатика. 2001. №4. С.95-98. 4. *Алипов Н.В.* Разработка теории и методов решения задач помехоустойчивого поиска и преобразования информации // Автореф. дис. на соиск. уч. степени д-ра техн. наук. Харьков: ХИРЭ, 1986. 50 с. 5. *Алипов Н.В., Алипов И.Н., Ребезюк Л.Н. и др.* Датчики виртуальных помех, используемые для организации функционирования дискретных автоматов в системах защиты информации //Радиотехника. 1999. Вып. 11. С.33-39. 6. *Алипов Н.В., Ребезюк Л.Н., Охапкин А.А.* Защита информации в дискретном канале на основе устойчивых к периодическим помехам алгоритмов поиска точки с характерным признаком// АСУ и приборы автоматики. 1999. Вып. 109. С.108-115. 7. *Алипов Н.В., Ребезюк Л.Н. и др.* Методы защиты информации в дискретном канале на основе помехоустойчивых к несимметричным нерегулярным виртуальным помехам алгоритмов поиска точки с характерным признаком // Радиоэлектроника и информатика. 2000. №2. С.104-111. 8. *Алипов Н.В., Алипов И.Н., Хиль М.И., Ребезюк Л.Н.* Последовательные алгоритмы поиска точки с характерным признаком, помехоустойчивые к симметричным нерегулярным виртуальным последовательностям // Радиотехника. 2003. Вып. 133. С. 36-45.

Поступила в редколлегию 15.07.2003

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Хаханов В.И.

Алипов Николай Васильевич, д-р техн. наук, профессор кафедры ЭВМ ХНУРЭ. Научные интересы: алгоритмизация задач автоматизированного проектирования электронно-вычислительных средств, защита информации. Адрес: Украина, 61166, Харьков, пр. Ленина,14, тел.702-03-54.

Алипов Илья Николаевич, канд. техн. наук ХНУРЭ. Научные интересы: методы защиты информации, алгоритмизация задач автоматизированного проектирования электронно-вычислительных средств. Адрес: Украина, 61166, Харьков, пр. Ленина,14, тел.702-03-54.

Кораблев Николай Михайлович, канд. техн. наук, доцент кафедры ЭВМ ХНУРЭ. Научные интересы: проектирование вычислительных средств. Адрес: Украина, 61166, Харьков, пр. Ленина,14, тел. 702-03-54.

Ребезюк Леонид Николаевич, канд. техн. наук, доцент кафедры системотехники ХНУРЭ. Научные интересы: алгоритмизация задач автоматизированного проектирования электронно-вычислительных средств, защита информации. Адрес: Украина, 61166, Харьков, пр. Ленина,14, тел. 702-10-06.