

ПРИМЕРЫ ПОСТРОЕНИЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫХ АЛГОРИТМОВ ПОИСКА ТОЧКИ С ХАРАКТЕРНЫМ ПРИЗНАКОМ, ПОМЕХОУСТОЙЧИВЫХ К НЕСИММЕТРИЧНЫМ НЕРЕГУЛЯРНЫМ ВИРТУАЛЬНЫМ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЯМ

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

Методом индукции строятся для конкретных параметров виртуальной последовательности помехоустойчивые последовательные алгоритмы поиска точки с характерным признаком.

Использование компьютерных систем в различных областях науки и производства породило новую проблему — проблему защиты информации. В настоящее время она решается в основном с помощью криптографических методов [1]. Поскольку раскрытие шифротекста для таких систем защиты информации осуществляется перебором возможных вариантов ключа, а производительность компьютерных систем постоянно увеличивается, то методы защиты информации должны постоянно совершенствоваться.

Новым в развитии этих методов является направление, связанное с использованием конечных автоматов [2]. В работе [3] описана структура такого автомата, функционирование которого задается алгоритмами помехоустойчивого поиска точки с характерным признаком. Структура этих алгоритмов определяется видом виртуальной последовательности, накладываемой на процесс поиска [4].

К настоящему моменту нами решена задача синтеза помехоустойчивых алгоритмов для регулярных виртуальных последовательностей и для последовательностей, у которых длительность выброса является случайной величиной. В работе [5] решена задача синтеза алгоритмов поиска точки с характерным признаком, помехоустойчивых к нерегулярным виртуальным последовательностям. Для этих последовательностей характерно то, что интервал времени между соседними выбросами виртуальной последовательности — случайная величина.

Данная работа является продолжением исследования, приведенного в [5], и ее цель — разработка примеров алгоритмов помехоустойчивого поиска для конкретных параметров виртуальной последовательности.

Первоначально рассмотрим пример, для которого характерно $\ell = 1$, $k = 1$, $h_1 = 1$, $h_2 = 2$, $x \in [0, \varphi_1^{h_1, h_2, \ell, a}(i, 1))$. Заметим, что $\varphi_1^{h_1, h_2, \ell, a}(i, 1) -$

количество равных частей, на которое разбивает исходный интервал неопределенности i — шаговый алгоритм; a — амплитуда выброса виртуальной последовательности, $a \geq \varphi_1^{h_1, h_2, \ell, a}(i, 1)$; виртуальная последовательность смещает точку x в направлении $0 \rightarrow 1$; ℓ — длительность выброса виртуальной последовательности; h_1, h_2 — минимальное и максимальное значения интервала времени между соседними выбросами виртуальной последовательности соответственно.

На основании соотношения (13), приведенного в работе [5], устанавливаем, что уменьшение интервала неопределенности начинается с тех значений параметра i , для которых выполняется неравенство:

$$i \geq (\ell + 1). \quad (1)$$

Для нашего примера первым значением i , которое удовлетворяет соотношению (1), будет $i = 2$. Поскольку $h_1 = 1$, то, как было показано в работе [5], необходимо в процессе поиска применять только пессимистическую стратегию (принцип “повторных сравнений”). В этом случае на основании соотношений (13) из [5] устанавливаем

$$\varphi_1^{1, 2, 1, a}(2, 1) = 2; \quad x_1^1 = \delta. \quad (2)$$

При этом, если возникает исход а) [5], поиск заканчивается $x \in [0, x_1^1)$; если же возникает исход б), то повторяют эксперимент: $x_1^2 = x_1^1$. По итогам выполнения второго шага может возникнуть один из исходов: $x(t_2) \in [0, x_1^1)$; $x(t_2) \in [x_1^1, \varphi_1^{1, 2, 1, a}(2, 1))$, где $x(t_2)$ — аддитивная смесь значения координаты точки x и амплитуды выброса последовательности.

На основании этих исходов устанавливаем [5]: для первого исхода $x \in [0, x_1^1)$ и на первом шаге алгоритма имело место проявление виртуальной последовательности (возникло противоречие: $x(t_1) \in [x_1^1, \varphi_1^{1, 2, 1, a}(2, 1))$, $x(t_2) \in [0, x_1^1)$); для второго исхода — $x \in [x_1^1, \varphi_1^{1, 2, 1, a}(2, 1))$ (см. правила формирования нового интервала неопределенности [5]).

Поскольку в распоряжении алгоритма не осталось ни одного шага, то на основании соотношения (13) [5] записываем:

$$\begin{aligned} \ell([0, x_1^1)) &= \delta; \quad \ell([x_1^1, \varphi_1^{1, 2, 1, a}(2, 1))) = \delta; \\ \ell([0, \varphi_1^{1, 2, 1, a}(2, 1))) &= 2\delta, \end{aligned} \quad (3)$$

где $\ell([0, x_1^1))$ — длина полуоткрытого интервала $[0, x_1^1)$.

Нетрудно заметить, что соотношения (3) подтверждают истинность выражения (2).

Пусть $i = 3$ и в некоторой точке $x_1^1 \in (0, \varphi_1^{h_1, h_2, \ell, a}(3,1))$ выполним первый эксперимент. Тогда, если возникает исход типа а), то устанавливаем [5]:

$$\ell([0, x_1^1]) = \delta \cdot \varphi_1^{1,2,1,a}(2,1) = 2\delta, \quad x_1^1 = 2\delta. \quad (4)$$

Для исхода б), как это было показано для $h_1 = 1$ [5], применяем принцип “повторных сравнений” $x_1^2 = 1$ и устанавливаем $x \in [x_1^{1,1}, \varphi_1^{1,2,1,a}(3,1)]$, $x_1^{1,1} = 0$, поскольку $x_1^1 - a < 0$.

Если по итогам второго шага алгоритма формируется исход типа а), то это будет свидетельствовать о действии последовательности на первом шаге алгоритма (возникло противоречие по итогам выполнения двух первых шагов алгоритма).

В этом случае [5] используется комбинированный алгоритм: пропускают $(h_2 - h_1 + \ell)$ шагов, затем на последующих h_1 шагах применяют классический алгоритм поиска, затем снова пропускают $(h_2 - h_1 + \ell)$ шагов и так до конца поиска.

Для нашего случая $(h_2 - h_1 + \ell) = 2$ пропускаем два шага алгоритма. Поскольку в распоряжении комбинированного алгоритма остался один шаг, то его пропускаем и, тем самым, не уменьшаем длину полуоткрытого интервала неопределенности $[0, x_1^1]$. Следовательно, если на втором шаге алгоритма возникает исход а), то

$$\psi_1^{1,2,1,a}(0,1) = 1; \quad \ell([0, x_1^1]) = \delta; \quad x_1^1 = \delta. \quad (5)$$

На основании соотношений (4), (5) и минимаксного подхода устанавливаем

$$\ell([0, x_1^1]) = \delta \cdot \min\{\varphi_1^{1,2,1,a}(2,1), \psi_1^{1,2,1,a}(0,1)\} = \delta. \quad (6)$$

Поскольку исход б), возникший на втором шаге алгоритма, подтверждает исход б), сформированный на первом шаге, то устанавливаем (см. соотношения (13) [5]):

$$x \in [x_1^1, \varphi_1^{1,2,1,a}(3,1)], \quad \ell([x_1^1, \varphi_1^{1,2,1,a}(3,1)]) = \delta. \quad (7)$$

Соотношения (6), (7) позволяют определить количество равных частей, на которое алгоритм разбивает исходный интервал неопределенности за три шага:

$$\begin{aligned} \ell([0, \varphi_1^{1,2,1,a}(3,1)]) &= \ell([0, x_1^1]) + \\ &+ \ell([x_1^1, \varphi_1^{1,2,1,a}(3,1)]) = 2\delta. \end{aligned} \quad (8)$$

Соотношение (8) позволяет определить значение функции $\varphi_1^{1,2,1,a}(i,1)$ для $i = 3$:

$$\varphi_1^{1,2,1,a}(3,1) = 2. \quad (9)$$

Пусть $i = 4$ и в точке x_1^1 выполним эксперимент на первом шаге алгоритма. Тогда для исхода типа а) будем иметь:

$$x \in [0, x_1^1], \quad \ell([0, x_1^1]) = \delta \cdot \varphi_1^{1,2,1,a}(3,1) \quad (10)$$

и для исхода типа б) устанавливаем

$$x \in [x_1^{1,1}, \varphi_1^{1,2,1,a}(4,1)], \quad x_1^2 = x_1^1, \quad x_1^{1,1} = 0.$$

Если в результате выполнения второго шага алгоритма возникает исход типа а), то это будет свидетельствовать о том, что на первом шаге имело место проявление виртуальной последовательности. На этом основании устанавливаем $x \in [0, x_1^1]$ и применяем комбинированный алгоритм: для наших условий пропускаем следующих два шага и т.д.

Поскольку после пропуска двух шагов алгоритма в его распоряжении не остается ни одного шага, то, как это уже известно,

$$\psi_1^{1,2,1,a}(0,1) = 1; \quad \ell([0, x_1^1]) = \delta; \quad x_1^1 = \delta. \quad (11)$$

На основании соотношений (10), (11) устанавливаем

$$\ell([0, x_1^1]) = \delta \cdot \min\{\varphi_1^{1,2,1,a}(3,1), \psi_1^{1,2,1,a}(0,1)\} = \delta. \quad (12)$$

Если в результате выполнения второго шага алгоритма формируется снова исход б), то устанавливаем:

$$x \in [x_1^1, \varphi_1^{1,2,1,a}(4,1)],$$

$$\ell([x_1^1, \varphi_1^{1,2,1,a}(4,1)]) = \delta \cdot \varphi_1^{1,2,1,a}(2,1) = 2\delta. \quad (13)$$

На основании соотношений (12), (13) заключаем:

$$\ell([0, \varphi_1^{1,2,1,a}(4,1)]) = \ell([0, x_1^1]) + \ell([x_1^1, \varphi_1^{1,2,1,a}(4,1)]) = 3\delta;$$

$$\varphi_1^{1,2,1,a}(4,1) = 3. \quad (14)$$

Пусть $i = 5$ и в точке x_1^1 выполним эксперимент на первом шаге. Тогда для исхода типа а), сформированного по итогам первого шага, будем иметь:

$$\ell([0, x_1^1]) = \delta \cdot \varphi_1^{1,2,1,a}(4,1) = 3\delta, \quad x_1^1 = 3\delta, \quad (15)$$

а для исхода б) устанавливаем:

$$x \in [x_1^1, \varphi_1^{1,2,1,a}(5,1)], \quad x_1^2 = x_1^1.$$

Если по итогам второго шага формируется исход типа а), то устанавливаем $x \in [0, x_1^1]$ и применяем на этом отрезке комбинированный алгоритм: пропускаем два шага алгоритма (третий и четвертый), на пятом шаге применяем классический алгоритм поиска. В результате этой совокупности действий полуоткрытый интервал неопределенности будет разбит на две равные части:

$$\psi_1^{1,2,1,a}(1,1) = 2; \quad \ell([0, x_1^1]) = 2\delta. \quad (16)$$

Если по итогам второго шага алгоритма будет сформирован исход б), то устанавливаем

$$\ell([x_1^1, \varphi_1^{1,2,1,a}(5,1)]) = \delta \cdot \varphi_1^{1,2,1,a}(3,1) = 2\delta. \quad (17)$$

На основании соотношений (16), (17) заключаем:

$$\varphi_1^{1,2,1,a}(5,1) = 4.$$

По описанной схеме были найдены значения функции $\varphi_1^{1,2,1,a}(i,1)$ для других значений параметра i , которые приведены в таблице.

i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
$\varphi_1^{1,2,1,a}(i,1)$	1	2	2	3	4	5	6	9	10	13	18	21	26	37	74

В этом случае, когда $\ell = 1$, $k = 1$, $h_1 = 1$, $h_2 = 2$, $a = 4$, значения функции $\varphi_1^{1,2,1,4}(i,1)$ совпадают со значениями функции $\varphi_1^{1,2,1,a}(i,1)$ для $i = \overline{1,7}$, а для всех других значений они определяются на основании такого соотношения:

$$\varphi_1^{1,2,1,4}(i,1) = \varphi_1^{1,2,1,4}(i-1,1) + \varphi_1^{1,2,1,4}(i-2,1). \quad (18)$$

Если же $\ell = 1$, $k = 1$, $h_1 = 1$, $h_2 = 2$, $a = 8$, то значения функции $\varphi_1^{1,2,1,8}(i,1)$ совпадают со значениями функции $\varphi_1^{1,2,1,a}(i,1)$ для $i = \overline{1,10}$, а для всех других они определяются по такой формуле:

$$\varphi_1^{1,2,1,8}(i,1) = \varphi_1^{1,2,1,8}(i-1,1) + \varphi_1^{1,2,1,8}(i-2,1). \quad (19)$$

Рассмотрим другой пример, для которого характерно $\ell = 1$, $k = 1$, $h_1 = 2$, $h_2 = 3$, $a = 4$. Поскольку в этом случае для исхода б), сформированного по итогам выполнения первого шага алгоритма, не выполняются соотношения (11) [5] для значений i , меньших либо равных шести, то для них применяем пессимистическую стратегию (повторяем эксперимент в точке x_1^1). При этом если на втором шаге алгоритма возникает исход типа а), то в интервале $(0, x_1^1)$ применяется комбинированный алгоритм: на последующих $(h_1 - 1)$ шагах применяют классический алгоритм поиска, затем пропускают $(h_2 - h_1 + \ell)$ шагов, потом снова на h_1 шагах применяют классический алгоритм поиска и так до конца.

Решение же других исходов: исхода а), возникшего на первом шаге, и исхода б), сформированного на втором шаге, выполняется по описанной ранее процедуре для первого примера. Показано, что для данного примера будут справедливыми такие соотношения:

$$\begin{aligned} \varphi_1^{2,3,1,4}(1,1) = 1; \quad \varphi_1^{2,3,1,4}(2,1) = 2; \quad \varphi_1^{2,3,1,4}(3,1) = 3; \\ \varphi_1^{2,3,1,4}(4,1) = 4; \quad \varphi_1^{2,3,1,4}(5,1) = 5; \quad \varphi_1^{2,3,1,4}(6,1) = 9. \end{aligned} \quad (20)$$

Найдем решение этого примера для других значений параметра i алгоритма.

Пусть $i = 7$ и в точке x_1^1 выполнен первый эксперимент. Тогда, как нам уже известно, для исхода а) устанавливаем

$$x \in [0, x_1^1), \quad x_1^1 = \delta \cdot \varphi_1^{2,3,1,4}(6,1) = 9\delta. \quad (21)$$

Для исхода б) формируем интервал неопределенности:

$$\begin{aligned} x \in [x_1^{1,1}, \varphi_1^{2,3,1,4}(7,1)), \quad x_1^{1,1} = x_1^1 - 4\delta = 5\delta, \\ \ell([x_1^{1,1}, x_1^1]) = 4\delta. \end{aligned} \quad (22)$$

Поскольку в данном случае выполняются соотношения (11) [5], то для исхода б) применяем оптимистическую стратегию ($x_1^2 > x_1^1$).

Действительно, пусть по итогам второго шага сформирован исход типа а). Тогда на третьем шаге применяем пессимистическую стратегию ($x_1^3 = x_1^1$).

Если по итогам третьего шага будет сформирован исход типа а), то это свидетельствует о действии виртуальной последовательности на первом шаге алгоритма. Для исхода а) устанавливаем $x \in [x_1^{1,1}, x_1^1)$ и к этому полуоткрытому интервалу применяем комбинированный алгоритм: пропускаем четвертый и пятый шаги алгоритма, а на последних двух шагах применяем классический алгоритм поиска, который за два шага разобьет полуоткрытый интервал неопределенности $[x_1^{1,1}, x_1^1)$ на четыре равные части, что не противоречит соотношению (22).

Если же по итогам третьего шага алгоритма будет сформирован исход типа б), то выделим такой полуоткрытый интервал неопределенности: $x \in [x_1^1, x_1^2)$.

Этот интервал за оставшиеся (7-3) шага будет разбит помехоустойчивым алгоритмом на $\varphi_1^{2,3,1,4}(4,1)$ равных частей. Из соотношений (20) устанавливаем

$$\ell([x_1^1, x_1^2)) = \delta \cdot \varphi_1^{2,3,1,4}(4,1) = 4\delta. \quad (23)$$

В том случае, когда на втором шаге алгоритма снова формируется исход типа б), то на основании правил формирования нового интервала неопределенности заключаем

$$x \in [x_1^{2,1}, \varphi_1^{2,3,1,4}(7,1)], \quad x_1^{2,1} = x_1^2 - 4\delta = x_1^1. \quad (24)$$

Выясним: целесообразно ли применять на третьем шаге оптимистическую стратегию. Пусть $x_1^3 > x_1^2$ и в результате выполнения третьего шага алгоритма сформирован исход типа а). Тогда если виртуальная последовательность проявилась на втором шаге, то в обязательном порядке на четвертом шаге применяем пессимистическую стратегию ($x_1^4 = x_1^2$). При этом по итогам четвертого шага может быть сформирован исход типа а), который будет свидетельствовать о проявлении виртуальной последовательности на втором шаге алгоритма. На основании этого исхода устанавливаем, что $x \in [x_1^{2,1}, x_1^2)$, и применяем на этом полуоткрытом интервале комбинированный алгоритм: пропускаем пятый и шестой шаги, а на седьмом применяем классический алгоритм, который разобьет этот интервал на две части, следовательно,

$$\ell([x_1^{2,1}, x_1^2)) = 2\delta. \quad (25)$$

Нетрудно заметить, что соотношение (25) противоречит выражениям (24) (не выполняются соотношения (11) [5]). Следовательно, на третьем шаге необходимо применить пессимистическую стратегию $x_1^3 = x_1^2$. При этом, если возникает исход типа

а), то это будет свидетельствовать о действии виртуальной последовательности на втором шаге алгоритма. На основании этого исхода устанавливаем: $x \in [x_1^{2,1}, x_1^2]$.

Поскольку виртуальная последовательность проявилась на втором шаге, а была обнаружена на третьем шаге алгоритма, то, как это следует из определения виртуальной последовательности, она не будет проявляться на четвертом и седьмом шагах. Применяя на этих шагах алгоритма классический алгоритм поиска, разобьем выделенный полукоткрытый интервал неопределенности на четыре равные части, что не противоречит соотношениям (24).

Если же на третьем шаге алгоритма возникает исход типа б), то на основании правил формирования нового интервала неопределенности устанавливаем $x \in [x_1^2, \varphi_1^{2,3,1,4}(7,1)]$.

Поскольку в распоряжении алгоритма остается четыре шага, то этот интервал (см. соотношения (20)) будет разбит на четыре равные части:

$$\ell([x_1^2, \varphi_1^{2,3,1,4}(7,1)]) = \delta \cdot \varphi_1^{2,3,1,4}(4,1) = 4\delta. \quad (26)$$

Поскольку

$$\begin{aligned} \ell([0, \varphi_1^{2,3,1,4}(7,1)]) &= \ell([0, x_1^1]) + \ell([x_1^1, x_2^2]) + \\ &+ \ell([x_2^2, \varphi_1^{2,3,1,4}(7,1)]), \end{aligned}$$

то устанавливаем

$$\varphi_1^{2,3,1,4}(7,1) = \varphi_1^{2,3,1,4}(6,1) + 2\varphi_1^{2,3,1,4}(4,1) = 17. \quad (27)$$

На рис. 1-4 приведена схема рассмотренного помехоустойчивого алгоритма в виде ориентированного графа. На графе вершины соответствуют интервалам неопределенности относительно точки x на различных шагах алгоритма; дуги (ребра) графа – исходам (дуга, помеченная нулем, соответствует исходу а); дуга, помеченная единицей, – исходу б)). Координаты точек, в которых выполняются эксперименты на тех или иных шагах алгоритма, записаны справа от вершины.

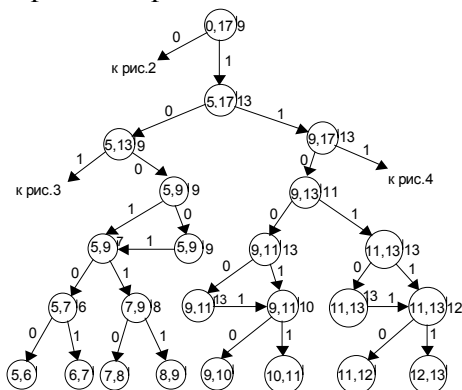


Рис. 1. Схема помехоустойчивого алгоритма поиска ($h_1 = 2, h_2 = 3, \ell = 1, a = 4, k = 1, i = 7, x \in [0, 17]$)

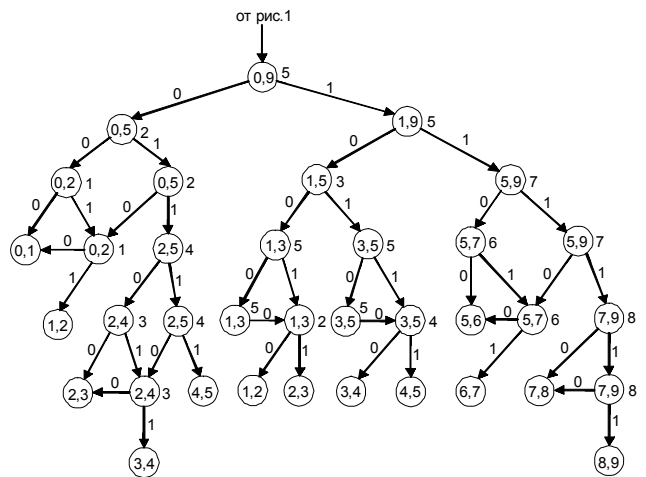


Рис. 2. Схема помехоустойчивого алгоритма поиска ($h_1 = 2, h_2 = 3, \ell = 1, a = 4, k = 1, i = 6, x \in [0, 9]$)

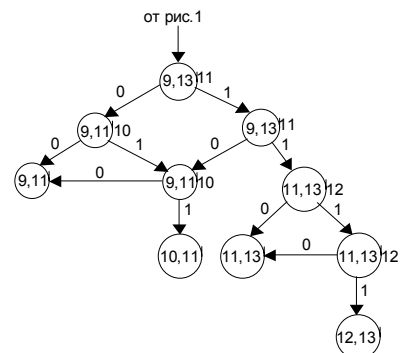


Рис. 3. Схема помехоустойчивого алгоритма поиска ($h_1 = 2, h_2 = 3, \ell = 1, a = 4, k = 1, i = 4, x \in [9, 13]$)

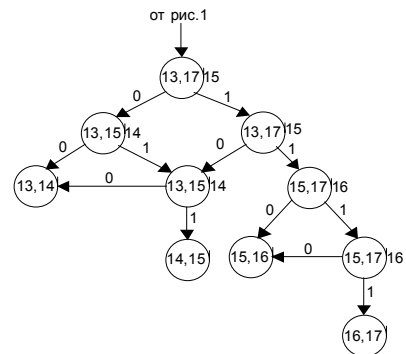


Рис. 4. Схема помехоустойчивого алгоритма поиска ($h_1 = 2, h_2 = 3, \ell = 1, a = 4, k = 1, i = 4, x \in [13, 17]$)

Нами показано, что, используя описанные в [5] логическую схему построения алгоритмов поиска, правила формирования новых интервалов неопределенности и распределения точек эксперимента во вновь выделенном интервале неопределенности, можно синтезировать помехоустойчивый алгоритм поиска для любых его параметров и параметров виртуальной последовательности рассматриваемого класса, а следовательно, определить функционирование конечного автомата с псевдослучайными переходами систем защиты информации.

Литература: 1. *Спесивцев А.В., Вегнер В.А. и др.* Защита информации в персональных ЭВМ. М.: Радио и связь, 1992. 191 с. 2. *Ecker A.* Abstrakte kryptographische Maschinen // *Angew. Informatik.* 1975. Vol.17, Nr 5. S.201-205. 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 // Автореферат дис. на соискание уч. степени докт. техн. наук. Харьков: ХИРЭ, 1986. 50 с. 5. *Алипов Н.В., Алипов И.Н., Ребезюк Л.Н.* Последовательные алгоритмы поиска точки с характерным признаком, помехоустойчивые к несимметричным нерегулярным виртуальным последовательностям // *Радиоэлектроника и информатика.* 2003. № 2. С. 108-112.

Поступила в редколлегию 10.02.2003

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Петров Э.Г.

УДК 621.397.26

ВЫЧИСЛЕНИЯ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ ДЛЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ ИЗОБРАЖЕНИЙ

ПЕРЬКОВ Р. В., ЕЛАКОВ С. Г.

Предлагаются разработки в области цифровой обработки изображений. Приводится сравнительный анализ основных способов описания параметрических кривых и обосновывается выбор в пользу В-сплайнов. Представляется алгоритм быстрой обработки изображений, использующий операцию накапливающего суммирования, как альтернативу операциям умножения и деления.

Актуальность

В настоящее время к тренажерным системам транспортных средств предъявляется ряд важных требований, одно из которых – обеспечение реалистичности окружающей визуальной обстановки, формируемой тренажерной системой. Визуальная обстановка в свою очередь складывается из ряда важных составляющих, таких как разрешение, создаваемое на устройстве отображения графической информации, и высокая скорость, с которой обеспечивается изменение графической информации.

Разрешение, с которым происходит отображение графики на экране, в большинстве случаев зависит от характеристик устройства отображения. Быстрая эволюция графических данных зависит от двух параметров или характеристик: производительность вычислительной системы, с помощью которой производятся необходимые расчеты, и сложность аналитических формул геометрических преобразований изображений реальных обстановок.

Наиболее оптимальный вариант, удовлетворяющий указанным выше требованиям, получается на аппаратно-программной платформе, где программно формируется положение объекта в пространстве,

Алипов Николай Васильевич, д-р техн. наук, профессор кафедры электронно-вычислительных машин ХНУРЭ. Научные интересы: алгоритмизация задач автоматизированного проектирования электронно-вычислительных средств, защита информации. Адрес: Украина, 61166, Харьков, пр. Ленина, 14, тел. 40-93-54.

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. 40-93-54.

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.

а с помощью специализированного аппаратного вычислителя обеспечивается быстрое вычисление координат каждой точки объекта, соответствующих заданному положению.

Научная новизна – исследуются проблемы управления вычислением кубических сплайн-функций двух переменных для систем нелинейных преобразований видеоизображений.

Цель исследования – разработка специализированного аппаратного вычислителя, обеспечивающего быстрое вычисление координат каждой точки объекта.

Задача – вывести математические зависимости, позволяющие осуществить быстрое вычисление координат каждой точки объекта.

Общий аналитический вид зависимостей:

$$X_{zy} = f_x(X_z, Y_z); Y_{zy} = f_y(X_z, Y_z).$$

При развертке по строке экрана $Y = \text{const}$, поэтому

$$X_{zy} = f_{x,c}(X_z); Y_{zy} = f_{y,c}(X_z).$$

Сравнение с аналогами

В качестве аналитических зависимостей рассмотрим и сравним три основных способа описания параметрических кривых: *метод Эрмита*, в котором задаются положения конечных точек кривой и касательные векторы в них; *метод Безье*, в котором задается положение конечных точек кривой, а для неявного задания касательных в этих точках используются две другие точки, обычно лежащие не на кривой; *метод В-сплайнов*, при котором конечные точки не лежат на кривой, в результате чего как первая, так и вторая производные оказываются непрерывными на концах сегмента. Каждая из этих трех форм описания кривой имеет свои достоинства и недостатки.

Параметрической кубической кривой является кривая, у которой x , y и z – многочлены третьего порядка (т. е. кубические) относительно некоторого параметра t . Так как мы рассматриваем конечные