

У ДК 681.327.12(088)

ВЕКТОРНЫЙ ПРИНЦИП ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ИНФОРМАЦИИ ИЗ МАШИННЫХ КОДОВ В ЗРИТЕЛЬНЫЕ СИМВОЛЫ

Говоров В.С., Пузанов Д.М.

Рассматривается векторный метод кодирования и векторный метод формирования элементов графических информационных моделей, прошедших цифровую обработку, на экранах электронно-лучевых трубок (ЭЛТ), удовлетворяющих как качеству их начертания, так и угловым ошибкам по направлению их перемещения, что имеет первостепенное значение в автоматизированных системах судовождения.

Широкое внедрение на морских и речных судах автоматизированных систем судовождения предполагает отображение на их экранах графических информационных моделей о внешней обстановке, по которым можно было бы принять единственно правильное решение на выполнение маневра в условиях дефицита времени, который всегда сопровождает экстремальную морскую обстановку. Чтобы такие графические информационные модели были наглядны, необходимо обеспечить отображение подвижных морских объектов (теплоходов, сухогрузов, катеров и т.п.) ориентированными по направлению их перемещения с угловыми погрешностями, удовлетворяющими требованиям зрительного анализатора человека-оператора (порядка $0,5^\circ$ [1]). В настоящее время такие средства отображения информации в отмеченных автоматизированных системах отсутствуют [2]. В результате теряется сам смысл автоматического отображения графических информационных моделей в автоматизированных системах судовождения. Внедряемые повсеместно дисплеи с ЭЛТ, на экранах которых зрительная информация выделяется из элементов разложения полноформатного телевизионного раstra, не могут использоваться в автоматизированных системах судовождения, так как не позволяют отображать качественные по начертанию кривые, т.е. пройденные и экстраполированные участки пути, и ориентированные по направлению их перемещения суда, ибо они обеспечивают отображение их условными обозначениями, ориентированными по курсу 0° , 90° , 180° и 270° , т.е. с угловой погрешностью $\Delta q = 90^\circ$. Описанные в работе [3] различные методы реализации векторного метода также не позволяют решить эту проблему, так как угловая погрешность

$$\Delta q = \arctg 1/i,$$

где i – количество уровней квантования, которыми кодируются проекции Δx и Δy вектора $\bar{I}$, на оси прямоугольной системы координат. Так, при $i = 1$ и $\Delta q = 45^\circ$. Модуль вектора $\bar{I}$

$$\mathbf{l} = \sqrt{(j\Delta x)^2 + (i\Delta y)^2}, \quad i = \overline{1, 1000}; \quad j = \overline{1, 1000},$$

в связи с тем, что $j\Delta x = i\Delta y \operatorname{ctg} \Delta q$, то

$$\mathbf{l} = \sqrt{(i\Delta y \operatorname{ctg} \Delta q)^2 + (i\Delta y)^2} = i\Delta y \sqrt{1 + (\operatorname{ctg} \Delta q)^2} = i\Delta y / \sin \Delta q.$$

Уровни квантования $\Delta x = \Delta y = \Delta \mathbf{l} = 1$. Поэтому $\mathbf{l} = i / \sin(1/i)$, т.е.

минимально возможная величина модуля вектора $\bar{\mathbf{l}}$ зависит от величины i , что приводит к погрешностям при отображении условных обозначений объектов, образующие которых представляют собой совокупность векторов i , как следствие, к искажению формы их начертания. Для того, чтобы устранить отмеченные существенные недостатки разработанного к настоящему времени векторного принципа преобразования машинного алфавита в зрительный, необходимо вычислять проекцию Δx и Δy определяющие кодовый эквивалент вектора, входящего в образующую символа,

$$\{\bar{\mathbf{l}}_i\} = \{\Delta x_i(q) \quad \Delta y_i(q) \quad \mathbf{l}_i \quad Z_i\}, \quad (1)$$

как это следует из рисунка 1, следующим образом:

$$\left. \begin{aligned} \Delta x_i(q) &= 1000 \operatorname{tg} q \\ \Delta y_i(q) &= 1000 \end{aligned} \right\}, \quad 0^\circ \leq q \leq 45^\circ;$$

$$\left. \begin{aligned} \Delta x_i(q) &= 1000 \\ \Delta y_i(q) &= 1000 \operatorname{tg}(90^\circ - q) = 1000 |\operatorname{ctg} q| \end{aligned} \right\}, \quad 45^\circ < q \leq 90^\circ;$$

$$\left. \begin{aligned} \Delta x_i(q) &= 1000 \\ \Delta y_i(q) &= -1000 \operatorname{tg}(90^\circ - q) = 1000 \operatorname{ctg} q \end{aligned} \right\}, \quad 90^\circ < q \leq 135^\circ;$$

$$\left. \begin{aligned} \Delta x_i(q) &= 1000 \operatorname{tg}(180^\circ - q) = 1000 |\operatorname{tg} q| \\ \Delta y_i(q) &= -1000 \end{aligned} \right\}, \quad 135^\circ < q \leq 180^\circ;$$

$$\left. \begin{aligned} \Delta x_i(q) &= -1000 \operatorname{tg}(q - 180^\circ) = 1000 |\operatorname{tg} q| \\ \Delta y_i(q) &= -1000 \end{aligned} \right\}, \quad 180^\circ < q \leq 225^\circ; \quad (2)$$

$$\left. \begin{aligned} \Delta x_i(q) &= -1000 \\ \Delta y_i(q) &= -1000 \operatorname{tg}(270^\circ - q) = 1000 |\operatorname{ctg} q| \end{aligned} \right\}, \quad 225^\circ < q \leq 270^\circ;$$

$$\left. \begin{aligned} \Delta x_i(q) &= -1000 \\ \Delta y_i(q) &= -1000 \operatorname{tg}(q - 270^\circ) = 1000 \operatorname{ctg} q \end{aligned} \right\}, \quad 270^\circ < q \leq 315^\circ;$$

$$\left. \begin{aligned} \Delta x_i(q) &= -1000 \operatorname{tg}(360^\circ - q) = 1000 \operatorname{tg} q \\ \Delta y_i(q) &= -1000 \end{aligned} \right\}, \quad 315^\circ < q < 360^\circ.$$

В этих выражениях фигурные скобки означают, что заключенные в

них числа представлены в цифровом двоичном коде, := – знак присвоения;
 ℓ_i – модуль вектора $\bar{\mathbf{I}}_i$, ориентация которого определяется проекциями
 $\Delta x_i(q)$ и $\Delta y_i(q)$; Z_i – признак импульса подсвета.

$$Z_i = \begin{cases} 1, & \text{если } \bar{\mathbf{I}}_i \text{ входит образующую символа или понемногу} \\ & \text{след луча ЭЛТ перемещается не более одного раза,} \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases} \quad (3)$$

В соответствии с выражением (1) ℓ_i определяет протяженность вектора $\bar{\mathbf{I}}_i$, а $\Delta x_i(q)$ и

$\Delta y_i(q)$ – его ориентацию. При

уровне квантования

$\Delta x_i(q)$, $\Delta y_i(q)$, $\Delta \ell_i$,

равном единице,

$\max \Delta x_i = \max \Delta y_i = 1$ см

и $\max i = \max j = 1000$

линейная погрешность

вектора составляет

0,014 мм, а угловая

$\Delta q = \arctg 1/1000 = 3,4'$,

что обеспечивает

высокое качество

начертания как

условных обозначений

морских и речных

объектов так и

графической

информационной модели об окружающей обстановке в целом.

Учитывая, что

$$\frac{d\Delta x_i(q)}{dt} \ll \frac{d\Delta x_i(t)}{dt} \text{ и } \frac{d\Delta y_i(q)}{dt} \ll \frac{d\Delta y_i(t)}{dt},$$

при формировании напряжений, управляющих лучом ЭЛТ, годограф вектор-функции след которого соответствует образующей отображенного символа,

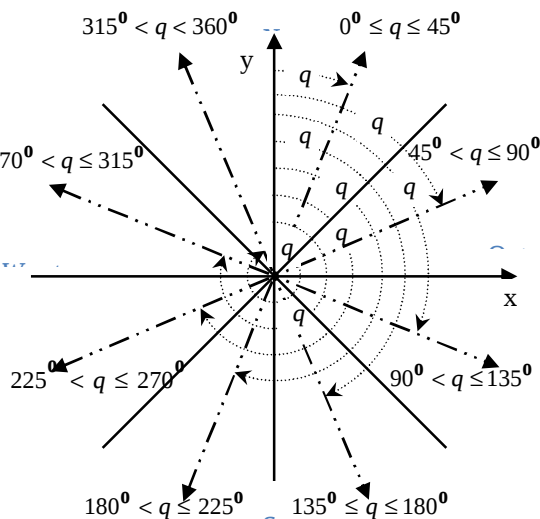


Рисунок 1 – Ориентация векторов в

$$u_{x_i} = (1/h_x) \cdot \Delta x_i(t) \cdot [\sigma(t - t_k) - \sigma(t - t_k - t_i)],$$

$$u_{y_i} = (1/h_y) \cdot \Delta y_i(t) \cdot [\sigma(t - t_k) - \sigma(t - t_k - t_i)]$$

можем считать $\Delta x_i(q)$ и $\Delta y_i(q)$ постоянными. В последних равенствах h_x и h_y – чувствительность горизонтальных и вертикальных отклоняющих пластин ЭЛТ, $\sigma(t)$ – функция Хевисайда, $t_i - t_k$ – время отображения вектора $\bar{I}_i$.

Кодовый эквивалент (1) относится к i -му отрезку, входящему в образующую символа. Рассмотрим его применительно к условному обозначению катера (рисунок 2)

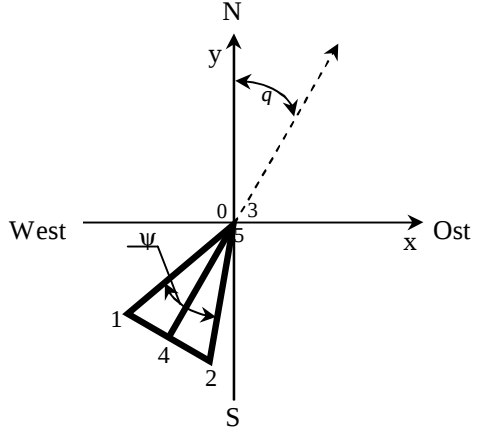


Рисунок 2 – Условное графическое обозначение

$$\{\vartheta_{y.k.}\} := \begin{Bmatrix} \{\Delta x_1(q + \psi/2 + 180^\circ) & \Delta y_1(q + \psi/2 + 180^\circ) & \mathbf{I}_1 & Z_1\} \\ \{\Delta x_2(q + 90^\circ) & \Delta y_2(q + 90^\circ) & \mathbf{I}_2 & Z_2\} \\ \{\Delta x_3(q - \psi/2) & \Delta y_3(q - \psi/2) & \mathbf{I}_3 & Z_3\} \\ \{\Delta x_4(q + 180^\circ) & \Delta y_4(q + 180^\circ) & \mathbf{I}_4 & Z_4\} \\ \{\Delta x_5(q) & \Delta y_5(q) & \mathbf{I}_5 & Z_5\} \end{Bmatrix}, \quad (4)$$

где, в соответствии с условием (3) $Z_1 = Z_2 = Z_3 = Z_4 = 1$, $Z_5 = 0$, $\Delta x_i(q_i)$ и $\Delta y_i(q_i)$ в зависимости от величины q_i определяются парой зависимостей (2).

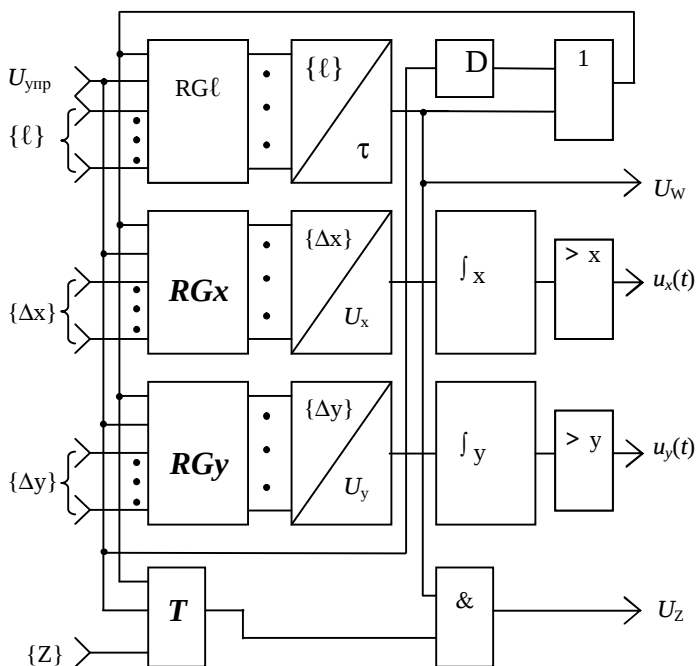


Рисунок 3 – Структурная схема устройства отображения символов и кривых, образующие которых аппроксимированы по кусочно-линейному закону

Структурная схема устройства, преобразующего кодовые эквиваленты (4) в управляющие лучом ЭЛТ напряжения $u_x(t)$ и $u_y(t)$, представлена на рисунке 3. Процессы протекают в ней в следующей последовательности. Первоначально луч ЭЛТ в плоскости экрана выводится по адресу $[X_0, Y_0]$. Управление лучом по адресу проблемы не представляет [4], в связи с чем этот вопрос здесь не рассматривается. После вывода луча ЭЛТ по адресу, т.е. в точку с координатами $[X_0, Y_0]$ от блока управления, который на рисунке 3 не показан, на вторые управляющие входы регистров RGx , RGy , RGl и триггера T поступает управляющий сигнал $U_{упр}$, сбрасывающий их в нуль. На время переходных процессов в этих законченных функциональных узлах сигнал $U_{упр}$ задерживается в элементе задержки D и через элемент ИЛИ 1 поступает на первые их управляющие входы, и в регистр RGx применительно к кодовому эквиваленту (4) засылается $\{\Delta x_1(q + \psi/2 + 180^\circ)\}$, в регистр RGy – $\{\Delta y_1(q + \psi/2 + 180^\circ)\}$, в регистр RGl – $\{l_1\}$ и в триггер T – $\{Z_1\} = 1$.

Содержимое регистров RGx и RGy в преобразователях код-напряжение $\{x\} \rightarrow U_x$ и $\{y\} \rightarrow U_y$ преобразуется в напряжения U_x и U_y , а

содержимое регистра $RG\ell$ в преобразователе код-временной интервал $\{\ell\} \rightarrow \tau$ преобразуется в прямоугольный импульс U_w , длительность которого пропорциональна ℓ_1 , т.е.

$$\tau_1 = \ell_1 / V_3 = a \ell_1,$$

где V_3 – скорость перемещения следа луча ЭЛТ в плоскости ее экрана вдоль участка ℓ_1 образующей символа (рисунок 2), $a = 1/V_3$ – постоянный коэффициент. Импульс U_w через элемент ИЛИ поступает на первый управляющий вход всех регистров и триггера и сбрасывает их в нуль. В результате с выходов преобразователей $\{x\} \rightarrow U_x$ и $\{y\} \rightarrow U_y$ снимаются не напряжения, а прямоугольные импульсы с амплитудой U_x и U_y и длительностью $\tau_1 = a \ell_1$

$$u_1(t) = U_{x1} [\sigma(t) - \sigma(t - a \ell_1)],$$

$$u_2(t) = U_{y1} [\sigma(t) - \sigma(t - a \ell_1)].$$

Эти импульсы поступают на вход интеграторов $\int_x$ и $\int_y$, с выхода которых снимаются сигналы, изменяющиеся по линейному закону и усиливаемые в усилителях $>_x$ и $>_y$, нагрузкой которых являются отклоняющие пластины ЭЛТ. Эти сигналы представляются следующими математическими моделями:

$$u_{x1}(t) = K_x \cdot u_1(t) \cdot (t/a \ell_1) = K_x \cdot U_{x1} \cdot (t/a \ell_1) \cdot [\sigma(t) - \sigma(t - a \ell_1)],$$

$$u_{y1}(t) = K_y \cdot u_2(t) \cdot (t/a \ell_1) = K_y \cdot U_{y1} \cdot (t/a \ell_1) \cdot [\sigma(t) - \sigma(t - a \ell_1)],$$

где K_x и K_y – коэффициенты усиления усилителей $>_x$ и $>_y$.

Под воздействием поля этих сигналов луч ЭЛТ в плоскости её экрана перемещается вдоль первого отрезка отображаемого символа с постоянной скоростью, так как проекции этого отрезка

$$x_1(t) = h_x \cdot u_{x1}(t) = h_x \cdot K_x \cdot (U_{x1}/a \ell_1) \cdot [\sigma(t) - \sigma(t - a \ell_1)],$$

$$y_1(t) = h_y \cdot u_{y1}(t) = h_y \cdot K_y \cdot (U_{y1}/a \ell_1) \cdot [\sigma(t) - \sigma(t - a \ell_1)].$$

Здесь h_x и h_y – чувствительность горизонтальных и вертикальных отклоняющих пластин ЭЛТ. Время формирования отрезка ℓ_1 составляет $\tau_1 = a \ell_1$ и определяется его протяженностью

Снимаемый с выхода преобразователя $\{\ell\} \rightarrow \tau$ прямоугольный импульс U_w проходит через элемент И, с выхода которого снимается прямоугольный импульс подсвета луча ЭЛТ U_z , который после усиления подводится к управляющему электроду трубки, чем достигается отображение отрезка ℓ_1 в образующей символа. Последующие процессы аналогичны описанному.

При поступлении второго управляющего сигнала формируются пилообразные сигналы

$$u_{x2}(t) = u_{x1}(a\mathbf{l}_1) + b_x \cdot U_{x2} \cdot (t/\mathbf{l}_2) \cdot [\sigma(t - a\mathbf{l}_1) - \sigma(t - a\mathbf{l}_1 - a\mathbf{l}_2)],$$

$$u_{y2}(t) = u_{y1}(a\mathbf{l}_1) + b_y \cdot U_{x2} \cdot (t/\mathbf{l}_2) \cdot [\sigma(t - a\mathbf{l}_1) - \sigma(t - a\mathbf{l}_1 - a\mathbf{l}_2)],$$

где $b_x = K_x/a$ и $b_y = K_y/a$ – постоянные коэффициенты, $a\mathbf{l}_2 = \tau_2$ – время отображения второго участка ℓ_2 . Формируется также импульс подсвета U_Z .

При поступлении третьего управляющего сигнала с выходов усилителей $> x$ и $> y$ снимаются управляющие лучом ЭЛТ сигналы

$$u_{x3}(t) = u_{x2}(a\mathbf{l}_1 + a\mathbf{l}_2) + b_x \cdot U_{x3}(t/\mathbf{l}_3) \cdot [\sigma(t - a\mathbf{l}_1 - a\mathbf{l}_2) - \sigma(t - a\mathbf{l}_1 - a\mathbf{l}_2 - a\mathbf{l}_3)],$$

$$u_{y3}(t) = u_{y2}(a\mathbf{l}_1 + a\mathbf{l}_2) + b_y \cdot U_{y3}(t/\mathbf{l}_3) \cdot [\sigma(t - a\mathbf{l}_1 - a\mathbf{l}_2) - \sigma(t - a\mathbf{l}_1 - a\mathbf{l}_2 - a\mathbf{l}_3)],$$

Здесь $\tau_3 = a\mathbf{l}_3$ – время отображения третьего отрезка в образующей символа. Вырабатывается также импульс подсвета U_Z .

Когда поступает четвертый управляющий сигнал, формируются следующие управляющие лучом трубки сигналы:

$$u_{x4}(t) = u_{x3}(a\mathbf{l}_1 + a\mathbf{l}_2 + a\mathbf{l}_3) + b_x U_{x4}(t/\mathbf{l}_4) \cdot [\sigma(t - a\mathbf{l}_1 - a\mathbf{l}_2 - a\mathbf{l}_3) - \sigma(t - a\mathbf{l}_1 - a\mathbf{l}_2 - a\mathbf{l}_3 - a\mathbf{l}_4)],$$

$$u_{y4}(t) = u_{y3}(a\mathbf{l}_1 + a\mathbf{l}_2 + a\mathbf{l}_3) + b_y U_{y4}(t/\mathbf{l}_4) \cdot [\sigma(t - a\mathbf{l}_1 - a\mathbf{l}_2 - a\mathbf{l}_3) - \sigma(t - a\mathbf{l}_1 - a\mathbf{l}_2 - a\mathbf{l}_3 - a\mathbf{l}_4)],$$

Формируется также импульс подсвета U_Z .

При поступлении пятого, последнего, управляющего сигнала с выходов усилителей $> x$ и $> y$ снимаются управляющие лучом ЭЛТ сигналы, изменяющиеся по следующему закону

$$u_{x4}(t) = u_{x3}(a\mathbf{l}_1 + a\mathbf{l}_2 + a\mathbf{l}_3 + a\mathbf{l}_4) + b_x U_{x4}(t/\mathbf{l}_5) \cdot [\sigma(t - a\mathbf{l}_1 - a\mathbf{l}_2 - a\mathbf{l}_3 - a\mathbf{l}_4) - \sigma(t - a\mathbf{l}_1 - a\mathbf{l}_2 - a\mathbf{l}_3 - a\mathbf{l}_4 - a\mathbf{l}_5)],$$

$$u_{y4}(t) = u_{y3}(a\mathbf{l}_1 + a\mathbf{l}_2 + a\mathbf{l}_3 + a\mathbf{l}_4) + b_y U_{y4}(t/\mathbf{l}_5) \cdot [\sigma(t - a\mathbf{l}_1 - a\mathbf{l}_2 - a\mathbf{l}_3 - a\mathbf{l}_4) - \sigma(t - a\mathbf{l}_1 - a\mathbf{l}_2 - a\mathbf{l}_3 - a\mathbf{l}_4 - a\mathbf{l}_5)].$$

Импульс подсвета U_{Z5} не формируется так как в соответствии с кодовым эквивалентом (4) $\{Z_5\} = 0$, и сигнал U_w , снимаемый с выхода преобразователя $\{\ell\} \rightarrow \tau$, через элемент И не проходит.

При кодировании кривых со сплошной образующей отпадает необходимость в кодовом эквиваленте (4) признака $\{Z\}$. Когда задаётся кратчайшее расстояние $\max \Delta h$ между аппроксимирующими отрезками и истинной кривой, что в практике судовождения наиболее часто, то количество отрезков n в отображаемой кривой определяется в соответствии со следующими выражениями [1]:

$$n = \frac{1}{4\sqrt{\max \Delta h}} \int_{x_0}^{x_n} \sqrt{\frac{d^2 |\psi(x)|}{dx^2}} / \sqrt[4]{\left[\frac{d \psi(x)}{dx}\right]^2 + 1} dx,$$

где $\overline{0}, n$ – индексы координат узловых точек аппроксимации.

Рассмотренная выше структурная схема устройства позволяет также отображать аппроксимированные по кусочно-линейному закону кривые.

Практическая реализация устройства (рисунок 3) позволяет воспроизводить на экранах автоматизированных систем судовождения графические информационные модели об окружающей обстановке, которые удовлетворяют всем требованиям, предъявляемым к ним со стороны зрительного анализатора человека-оператора.

Библиографический список

1. Говоров В.С. Преобразователи машинного кода в графические символы / В.С. Говоров, Д.И. Исмаилов. — К.: Техника, 1983. — 168 с.
2. Вагущенко Л.Л. Автоматизовані комплекси судоводіння/ Л.Л. Вагущенко, А.Ф. Кошовий. — К.: Вид-во “КВТЦ”, 2001. — 292 с.
3. Говоров В.С. Устройство для отображения векторов на экране электронно-лучевой трубки / В.С. Говоров, С.К. Бабейко // Приборы и техника эксперимента. — 1988. — Вып. 2. — С. 56–58.
4. Говоров В.С. Отображение машинных решений на экранах ЭЛТ / В.С. Говоров. — М.: Советское радио, 1982. — 192 с.

Поступила в редакцию 25.12.2001 г.