

КОРРЕКТИРОВКА ТЕПЛОВИЗИОННОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ В РЕЖИМЕ ЛИНЕЙНОГО КОНТРАСТИРОВАНИЯ НА НЕЙРОПРОЦЕССОРЕ L1879BM1.

Солина Н. И.

X Юбилейная Международная научно-практическая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Современные техника и технологии»: Труды. В 2-х т. — Томск: Изд-во Томского политехн. ун-та, 2004. — Т. 2.

При работе с тепловизионной камерой часто приходится иметь дело со слабоконтрастными изображениями, обусловленными узким диапазоном яркостей наблюдаемого объекта. В данной работе описывается обработка тепловизионных изображений с целью улучшения их качества и преобразования для выдачи на индикаторное устройство. Обработка производится на базе отечественного цифрового сигнального нейропроцессора L1879BM1 (международное название NM6403, разработка научно-технического центра «Модуль», г. Москва) [1]. Для этого был разработан микропроцессорный модуль, управляющий работой матричной [2] тепловизионной камеры. В модуле прошиито программное обеспечение, обрабатывающее принимаемые с оптической системы (ОС) оцифрованные тепловизионные сигналы. Процессор осуществляет обработку целочисленных данных, упакованных в 64-разрядные слова. Проблема слабоконтрастных изображений решается с помощью изменения яркости каждого элемента изображения [3], [4].

Для повышения контраста непрерывных слабоконтрастных изображений могут использоваться линейные и нелинейные [5] характеристики передачи уровней. Было решено воспользоваться линейным контрастированием. Линейное контрастирование исправляет ситуацию, когда детали изображения, имеющие малую яркость, неразличимы на темном фоне, либо детали с высокой яркостью неразличимы на светлом фоне. Для расчета значений линейного контрастирования необходимо построить гистограмму изображения [6] и определить ее минимальные и максимальные значения.

Минимальное ($A \min$) и максимальное ($A \max$) значения гистограммы определяются для каждого проходящего кадра, и используются в последующих расчетах уровня серого Us , коэффициента передачи Kp и усечения значений кадров в режиме линейного контрастирования.

Используя минимальное значение гистограммы, вычисляется: начальное (для первого кадра) и текущее (на каждом последующем кадре) значение серого Us по формуле:

$$Us = \mu.ч. (A \min / 16) + 1; \quad (1)$$

Процесс деления выполняется с помощью процедуры арифметического смещения на 4 бита вправо.

Коэффициент передачи Kp задается формулой:

$$Kp = \frac{255}{(A \max - 16Us)} = \frac{255}{(A \max - (A \min + 16))}; \quad (2)$$

Вначале вычисляется делитель $A \max - (A \min + 16)$, а затем по таблице выбирается значение коэффициента передачи. В таблице хранятся заранее рассчитанные значения по формуле (2) для делителей от 1 до 170, т.к. при делении на 1 получается $Kp \max = 255$, при делении на 170, $Kp \min = 1$. Если $Kp < Kp \min$, то $Kp = Kp \min$, если $Kp > Kp \max$, то $Kp = Kp \max$. Процесс деления подменяется уже вычисленными значениями, прописанными в таблице, из-за невозможности осуществить деление над получаемыми в процессе работы программы скалярными числами, так как деление на процессоре NM6403 может быть выполнено только над векторами с помощью матриц или над заранее известными числами с помощью команд смещения. Найденное значение Kp заносится в ячейку памяти.

Для вычисления значений кадра a^{LK}_{ij} в режиме линейного контрастирования используется метод «накопления с фильтрацией», поэтому необходимо определить начальные значения Us (1) и Kp (2) по первому кадру (используется на начальном этапе вычисления), а затем по последующим кадрам текущие значения Us (1) и Kp (2). Накопление с фильтрацией производится по двум кадрам [7]:

$$a'_{ij} = \mu.ч. \left[\frac{a_{ij} - aa'_{ij}}{2^q} + aa'_{ij} \right], \quad (3)$$

где a'_{ij} — коды текущего фильтрованного кадра; a_{ij} — коды текущего нефильтрованного кадра, aa'_{ij} — коды предыдущего накопленного (фильтрованного) кадра. Величина q обозначает время накопления кадров, измеряется в количестве накопленных кадров (2^q).

Используя (3) можно найти значения уровня серого Us и коэффициента передачи Kp по следующим формулам:

$$Us = \frac{(Us_{\text{текущее}} - Us_{\text{предыдущее}})}{2^q} + Us_{\text{предыдущее}}, \quad (4)$$

$$Kp = \frac{(Kp_{\text{текущее}} - Kp_{\text{предыдущее}})}{2^q} + Kp_{\text{предыдущее}}, \quad (5)$$

где $q=1$ (накопление по двум кадрам: предыдущему и текущему).

Накопление Us и Kp можно осуществлять не только по 2 кадрам ($q=1$), но и по 4 ($q=2$), по 8 ($q=3$) или по 16 ($q=4$), так как все эти значения укладываются в режим реального времени, работающий с 25 кадрами в секунду. Но в данной работе выбор пал на $q=1$ из-за более быстрой обработки поступающих кадров.

Полученный результат сохраняется в ячейке памяти и используется для расчета значений в режиме линейного контрастирования и для расчета новых Us и Kp в качестве предыдущих значений уже на следующем кадре.

Затем производится усечение исходного кадра по минимуму и максимуму гистограммы для того, чтобы отбросить значения кадра меньше минимума и больше максимума гистограммы.

Усечение значений кодов кадра производится следующим образом:

если $a_{ij} < A_{min}$, то $a_{ij} = A_{min}$, если $a_{ij} > A_{max}$, то $a_{ij} = A_{max}$.

Процедура усечения производится над 32 64-разрядными словами в каждом цикле на векторном процессоре с помощью следующих команд:
 rep 32 data=[ar0++] with ram - data;
 rep 32 with activate afifo; //логическая активация
 rep 32 data = [ar2++] with mask afifo, ram, data;
 rep 32 [ar6++] = afifo;

Количество циклов зависит от размера тепловизионного кадра. Если кадр состоит из 320 на 240 пиксел, то размер цикла равен $(320*240)/32/4=600$. Где 32 – это количество слов, обрабатываемых за один такт, а 4 – это количество значений пикселов, записанных в одном 64-х разрядном слове.

При расчетах используется логическая функция активации для того, чтобы исключить появление отрицательных чисел в расчетах [8]. Результат записывается в область памяти.

Коррекция кодов кадра a^{LK}_{ij} в режиме линейного контрастирования с использованием текущих оценок уровня серого Us (4) и коэффициента передачи Kp (5), а также согласование видеосигнала с диапазоном входных сигналов видеомонитора выполняется путем пересчета кодов a_{ij} по формуле:

$$a^{LK}_{ij} = Kp(a_{ij} - 16Us), \quad (6)$$

где a_{ij} – исходное значение i, j пикселя.

Фрагмент программы выглядит следующим образом:

```
gr2 = [_ADR10]; // 000000Us
gr4 = gr2 << 4; // gr4=Us*16 0000000X
gr5 = gr4 << 16; // gr5=Us*16 000X0000
gr1 = gr4 or gr5; // gr1=000X000X
ar1 = gr1;
ar2 = 0hl;
[ar2] = ar1,gr1;
ar1 = 0hl;
```

```
//afifo=Us*Kp*16:
rep 1 data = [ar1] with vsum, data, 0;
rep 1 with 0 - afifo; // afifo=-Us*Kp*16
rep 1 [ar1] = afifo; // [ar1] = -Us*Kp*16
rep 32 ram = [ar1]; //в ram-32 слова по 4 элемента равных -Us*Kp*16
ar1 = ar5;
ar2 = ar6;
gr0 = [MassSize]; // 600 проходов в цикле
with gr0--;
<L2>
if > delayed goto L2 with gr0--;
//Aij=Aij*Kp-Us*Kp*16 = Kp*(Aij-16*Us)
rep 32 data = [ar5++] with vsum, data, ram;
rep 32 [ar6++] = afifo;
```

В результате получается изображение, исправленное линейным контрастированием с использованием значений гистограмм, построенных с помощью метода 25% [6].

Литература

- [1] Процессор NeuroMatrix Л1879ВМ1. Computer Review, 1998, №21 (71).
- [2] Солина Н.И. Алгоритм функции калибровки оцифрованных сигналов для улучшения качества изображения. Информатизация процессов формирования открытых систем на основе СУБД, САПР, АСНИ и систем искусственного интеллекта: Материалы 2-й Межд. науч.-техн. конф. — Вологда: ВоГТУ, 2003. — 207 с.
- [3] Nathan R., Picture Enhancement for the Moon, Mars, and Man, in: Pictorial Pattern Recognition, Cheng G. C., Ed., Thompson, Washington D. C., 1968, pp. 239-266.
- [4] Billingsley F., Applications of Digital Image Processing, Appl. Opt., 9, 2, 289-299 (February 1970)
- [5] Солина Н.И. Линейное и нелинейное контрастирование изображения фоточувствительной матрицы на нейропроцессоре NM6403. «Информационные технологии в науке, проектировании и производстве (материалы десятой всероссийской научно-технической конференции. 23 декабря 2003 года)», НГТУ, Нижний Новгород, 2003, т.6, с. 22–23, ил.
- [6] Солина Н.И. Алгоритм расчета гистограммы теплового изображения на нейропроцессоре Л1879ВМ1. «Информатика: проблемы, методология, технологии (материалы 4-й региональной конференции. 3-4 января 2004 года)», ВГУ, Воронеж, 2004 г.
- [7] Солина Н.И. Решение проблемы обработки изображения в реальном времени на нейропроцессоре Л1879ВМ1. «Современные проблемы информатизации (материалы девятой научной конференции. 20-29 декабря 2003 года)», ВГУ, Воронеж, 2003 г.
- [8] «Базовое программное обеспечение процессора NM6403. NeuroMatrixNM6403. Описание языка ассемблера». Научно-технический центр «Модуль». 1999 г.