

сообщения
объединенного
института
ядерных
исследований
дубна

P13-85-242

Г.М.Комов, Л.М.Сороко

СПЕЦПРОЦЕССОР УГЛОВОГО СКАНИРОВАНИЯ
В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ

1985

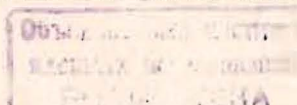
ВВЕДЕНИЕ

В^{1/1} было показано, что угловое сканирование двумерного бинарного изображения размером $2^N \cdot 2^N$, где N - целое число, может быть выполнено при помощи собственных функций углового сканирования, введенных автором. Построенный алгоритм углового сканирования вытекает из свойств этих собственных функций и работает следующим образом. Индекс ячейки памяти, в которую должен быть помещен элемент матрицы изображения, определяется тем, меняет или не меняет компонента знак соответствующей дискретной функции Уолша, упорядоченной по секвенте. Было показано, что данный алгоритм углового сканирования обладает устойчивостью в условиях больших шумов в исходном изображении, и его можно использовать в качестве быстродействующего алгоритма для анализа бинарных изображений. В алгоритме углового сканирования используются только данные из текущей строки изображения, поэтому есть возможность создать спецпроцессор, работающий в реальном времени и в котором все операции происходят полностью на стадии считывания.

В^{1/2} описаны алгоритмы и программа WALSH углового сканирования, основанные на собственных функциях углового сканирования^{1/1} и на дискретных функциях Уолша, упорядоченных по секвенте. Алгоритм работы программы WALSH приведен в соответствие с процессом сканирования изображения. А именно - для схемы разложения по строкам разработан следующий способ переупорядочения элементов матрицы изображения. Индекс ячейки матрицы изображения, которую суммируют со следующей ячейкой памяти компоненты гистограммы углового распределения, изменяют на единицу только тогда, когда соответствующая компонента дискретной функции Уолша, упорядоченная по секвенте, изменяет знак.

Входные бинарные изображения в виде прямолинейных следов с просветами и общим апексом генерировались при помощи светочувствительной матрицы прибора с зарядовой связью /ПЗС/. Было показано, что реализация построенного алгоритма углового сканирования проходит во время считывания бинарного изображения при помощи ПЗС-матрицы. Отношение сигнала к шуму, составляющее 1:15 в некотором исходном изображении, увеличивалось до значения 1:1 в гистограмме.

В статье описан спецпроцессор углового сканирования, предназначенный для отображения в реальном времени угловых распределений в бинарных изображениях. Алгоритм работы этого спецпроцессора вытекает из свойств собственных функций углового



сканирования^{/1/}. Спецпроцессор выполнен на цифровых интегральных схемах и работает в формате $2^N \cdot 2^N$, где N - целое число. Цифровые блоки спецпроцессора описаны в формате $2^N \cdot 2^N$ матрицы бинарного изображения. Входные сигналы данного спецпроцессора могут быть генерированы сканирующим устройством, в котором изображение раскладывается по строкам. Приведены некоторые характеристики спецпроцессора и отмечены его существенные достоинства. Показано, что данный спецпроцессор является быстродействующим, и его можно использовать в качестве стандартного блока систем обработки и распознавания бинарных изображений в реальном времени, для определения ориентаций прямолинейных участков следов частиц в трековых детекторах, а также в качестве приемного устройства в мезооптическом фурье-микроскопе для ядерной фотоэмульсии^{/3/} при быстром поиске ядерных взаимодействий.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Если требуется найти гистограмму углового распределения бинарного изображения в форме двумерной матрицы, то суммирование распределений интенсивности ведут вдоль прямых линий, выходящих из заданного апекса A /рис.1/. Рассмотрим в качестве простого примера матрицу изображения размером 6×10 и две прямые линии, помеченные черными полями. Компоненты гистограммы углового распределения находим из условия, что значение искомой компоненты равно числу черных полей, которые пересекают соответствующие лучи от апекса до границ матрицы изображения. Положение максимумов на такой гистограмме указывает ориентацию прямых линий на изображении относительно заданного апекса.

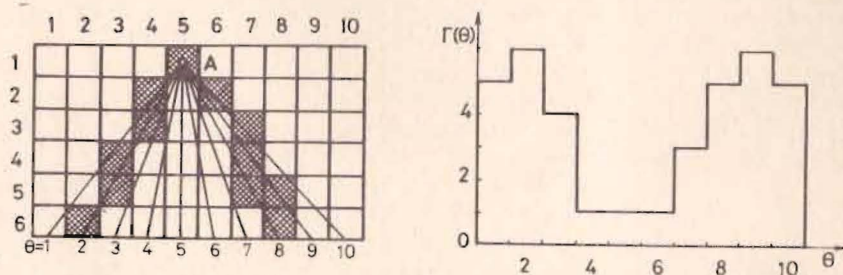


Рис.1. Пример матрицы-изображения размером 6×10 с двумя прямыми линиями, выходящими из апекса A .

Указанная процедура построения гистограммы, которая в нашем примере была реализована вручную, превращается в большую проблему, когда операцию углового сканирования выполняют при помощи цифровых блоков. Возникает очень сложный алгоритм переупо-

рядочения ячеек двумерной матрицы изображения в ячейки памяти одномерной гистограммы. Алгоритм такого упорядочения должен быть найден, а затем перенесен в постоянную память. Например, чтобы определить содержание седьмой ячейки гистограммы Γ /7/ на рис.1, производят суммирование интенсивностей в следующих ячейках двумерного изображения $f(x,y)$:

$$\Gamma(7) = f(1,5) + f(2,5) + f(3,6) + f(4,6) + f(5,6) + f(6,7). \quad /1/$$

Чтобы задать закон переупорядочения двумерного массива данных в одномерный для матрицы $f(x,y)$ из $10^3 \times 10^3$ элементов, необходимо заполнить около 10^6 десятиразрядных слов постоянной памяти. Между тем в^{/1/} было показано, что закон переупорядочения может быть существенно упрощен, если построение гистограммы углового сканирования вести при помощи собственных функций секторного сканирования, позволяющих убрать операции построения и занесения в постоянную память сложного закона переупорядочения. Значения двумерных функций Уолша $W(y,x)$, упорядоченных по секвенте^{/4/}, используют для управления адресами ячеек памяти в ходе построения гистограммы углового распределения. Роль постоянной памяти в данном случае играет блок дискретных функций Уолша, который работает на тактовой частоте сканирования изображения вдоль строк двумерной матрицы и генерирует синхронно дискретные функции Уолша $W(y,x)$.

ОПИСАНИЕ ПРОЦЕССОРА

Изложенный выше алгоритм углового сканирования, основанный на собственных функциях углового сканирования, был трансформирован в последовательность цифровых операций, а затем в электронный блок КАМАК шириной $M1$. Процессор полностью имитирует работу программы WOLSH^{/2/}. Спецпроцессор смонтирован на интегральных схемах серии 155^{/5/}. Тактовая частота операций переупорядочения равна 0,5 МГц. Процесс углового сканирования изображения заканчивался одновременно с появлением содержимого последней ячейки матрицы изображения. Сигналы, поступающие с приемной матрицы ПЗС на входной блок процессора, задавались во время настройки электронных блоков при помощи ЭВМ. Максимальный размер матрицы изображения 256×256 в процессе наладки спецпроцессора уменьшался до 4×4 .

На рис.2 приведена блок-схема спецпроцессора для матрицы изображения размером 256×256 , которая работает следующим образом. Видеосигнал поступает на компаратор, затем бинарная информация записывается в блоке памяти RAM на строку по адресам. Фактически спецпроцессор содержит двухтактный блок памяти RAM на строку, который на рис.2 изображен в виде одного блока памяти RAM на строку. Для простоты на рисунке опущена связь со

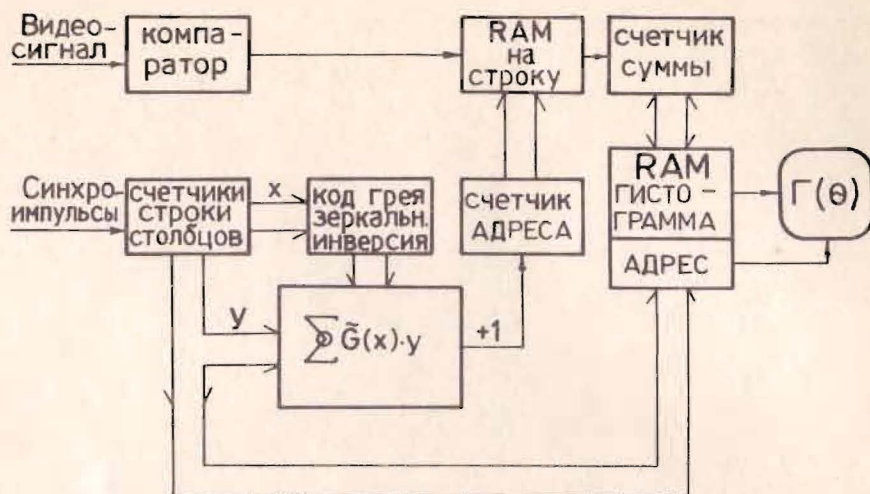


Рис.2. Блок-схема спецпроцессора углового сканирования для матрицы изображения размером 256x256.

счетчиком столбцов, код которого служит адресом для записи видеосигналов в блок памяти RAM, а также не показан селектор-мультиплексор, выполненный по традиционной схеме. По данным счетчика строк "y" и счетчика столбцов "x" блок $\sum \tilde{G}(x) \cdot y$ формирует значение дискретной функции Уолша для множества последовательных значений "x". Это значение функции Уолша управляет счетчиком адреса памяти RAM на строку, и если знак дискретной функции Уолша $W(y, x)$ изменяется на обратный, то счетный импульс +1 поступает на счетчик адреса и выбирает из блока памяти RAM на строку следующую компоненту дискретизованного видеосигнала. В том случае, если содержимое выбранной ячейки памяти RAM отлично от нуля, в счетчике суммы производится суммирование значения $\Gamma(\theta)$ при $\theta = x$ с единицей, а результат записывается по тому же адресу "x" в $\Gamma(\theta)$.

Например, если $y = 1$, то дискретная функция Уолша $W(1, x)$ не изменяет своего знака ни при каких значениях x . Поэтому во всех ячейках памяти с адресами $\theta = x$ будет записано одно и то же значение дискретного бинарного изображения $f(1, 1)$. Если $y = 256$, то дискретная функция Уолша $W(256, x)$ изменяет свой знак при всех значениях x . Поэтому при $\theta = x$

$$\Gamma'(\theta) = \Gamma(\theta) + f(256, \theta), \quad /2/$$

где $\Gamma(\theta)$ - предыдущее значение компоненты гистограммы, а $\Gamma'(\theta)$ - ее новое значение. После прихода содержимого последней ячейки

Спецпроцессор выполняет следующие функции КАМАК:

№	КАМАК	Функция	Название
1.	ТЕСТ	/12/*	Тест
2.	КИ ЭВМ	/30/*	Кадровый импульс
3.	СИ	/28/*	Синхроимпульс
4.	READ	/2/	Чтение $\Gamma(\theta)$
5.	CLRL	/10/	Сброс запроса
6.	CTRL	/8/	Проверка запроса
7.	ДС ЭВМ	/31/*	Дискриминированный сигнал
8.	Разр кадр	/31/	Разрешение на обработку кадра
9.	К стр ЭВМ	/20/*	Конец строки
10.	КК ЭВМ	/18/*	Конец кадра
11.	Работа	/9/	Работа
12.	RCLR	/4/	Очистка $\Gamma(\theta)$ при чтении
13.	RSET	/5/	Без очистки при чтении

матрицы изображения $f / 256, 256 /$ гистограмма $\Gamma(\theta)$ готова для индикации на экране графического дисплея.

Команды КАМАК, помеченные звездочкой (*), используют только при настройке и испытании. При помощи команды RSET гистограмму можно накапливать в течение нескольких кадров в $\Gamma(\theta)$ или при считывании нули автоматически заносить в RAM $\Gamma(\theta)$ при помощи команды RCLR.

Для визуального контроля прохождения сигналов на экране осциллографа блок функций Уолша может быть переключен в режим с размерностью 4. Запустив спецпроцессор в циклический режим, оператор наблюдает картину электрических напряжений на любой интегральной схеме, а также функционирование спецпроцессора как целого. Пример картины электрических напряжений дан на рис.3. Пачки синхроимпульсов, сгруппированных по четыре, соответствуют дискретным функциям Уолша.

В качестве исходного тест-изображения в данной работе было принято изображение прямой линии в виде первого столбца матрицы изображения, который имитировался при помощи ЭВМ /рис.4/. После прихода последней ячейки исходного тест-изображения производят считывание данных $\Gamma(\theta)$ из памяти RAM и выводят на экран графического дисплея в виде гистограммы углового распределения исходного тест-изображения с апексом в точке /0,0/ /рис.5/.

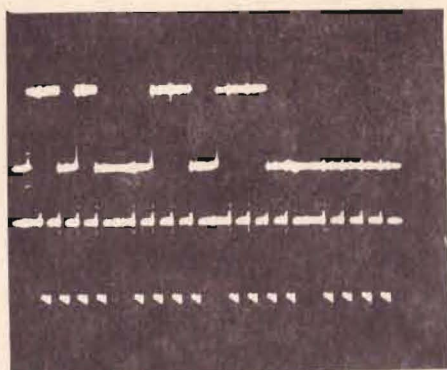


Рис.3. Картина электрических напряжений, наблюдаемая при циклическом режиме работы спецпроцессора углового сканирования.

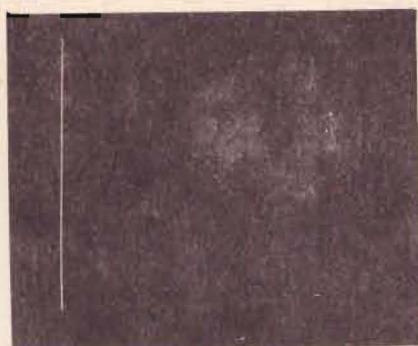


Рис.4. Исходное тест-изображение.

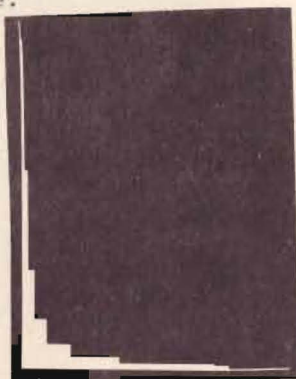


Рис.5. Гистограмма углового сканирования исходного тест-изображения, приведенного на рис.4.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Описанный выше спецпроцессор углового сканирования бинарных изображений имеет следующие существенные достоинства:

- 1/ большую размерность обрабатываемого изображения: 256×256 элементов;
- 2/ работа в реальном времени;
- 3/ высокое быстродействие;
- 4/ малые габаритные размеры;
- 5/ устойчивость работы в условиях больших шумов в исходном изображении.

Спецпроцессор углового сканирования в реальном времени может быть использован в качестве стандартного блока систем обработки и распознавания бинарных изображений в реальном времени.

Спецпроцессор может быть применен в трековых детекторах для определения ориентаций прямолинейных участков следов частиц, выходящих из общего алекса, а также может быть подключен к мезооптическому фурье-микроскопу для ядерной фотоэмульсии в качестве блока съема информации и для быстрого поиска ядерных взаимодействий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сороко Л.М. ОИЯИ, P10-83-77, Дубна, 1983.
2. Комов Г.М., Сороко Л.М. ОИЯИ, P10-83-527, Дубна, 1983.
3. Bencze Gy.L., Soroiko L.M. JINR, E13-84-310, Dubna, 1984.
4. Хармут Х. Теория секвентного анализа. /Пер. с англ./ "Мир", М., 1980.
5. Table of Soviet and Foreign IC Analogs. ELORG, USSR, M., 1981, p.14.

Рукопись поступила в издательский отдел
5 апреля 1985 года.