индекс 3624

ԵՐԵՎԱՆԻ ՖԻԶԻԿԱՅԻ ԻՆՍՏԻՏՈՒՏ
ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

ԳԻՏԱԿԱՆ ՀԱՂՈՐԴՈՒՄ НАУЧНОЕ СООБЩЕНИЕ

ЕФИ-236(29)-77

О.М. ВИННИЦКИЙ, В.П.ГОРОХОВ, Ж.Б.ГРИГОРЯН, В.А.КЛЕВАЛИН, Н.Ф.КОРОВКИН, Е.И.КУРГИН, В.М.ХАРИТОНОВ

КАЛИБРОВКА СТРОЧНОЙ РАЗВЕРТКИ ТЕЛЕВИЗИОННОГО АВТОМАТА СЪЁМА ИНФОРМАЦИИ С ИСКРОВЫХ КАМЕР В ЛИНИИ С ЭВМ.

АРУС

ԵՐԵՎԱՆ 1977 ЕРЕВАН

ЕРЕВАНСКИЙ ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Научное сообщение ЕФИ- 236(29)-77

О.М. ВИННИЦКИЙ, В.П.ГОРОХОВ, Ж.Б.ГРИГОРЯН,
В.А.КЛЕВАЛИН, Н.Ф.КОРОВКИН, Е.И.КУРГИН,
В.М.ХАРИТОНОВ

КАЛИБРОВКА СТРОЧНОЙ РАЗВЕРТКИ ТЕЛЕВИЗИОННОГО АВТОМАТА СЪЁМА ИНФОРМАЦИИ С ИСКРОВЫХ КАМЕР В ЛИНИИ С ЭВМ.

Ереван 1977

Телевизионный метод является эффективным способом автоматизированного съёма информации с искровых камер при работе в линии с ЭВМ. В [1] описывается прототип такого телевизионного автомата, в [2] – шестикамерная система, позволяющая регистрировать одновременно 6 проекций с одной или нескольких установок. Возможность одновременной регистрации нескольких проекций позволяет избавиться от сложных оптических зеркальных систем и связанных с ними искажений.

Для возможного практического использования телевизионного метода он должен обеспечивать высокую точность преобразования координаты искры в код. Эта точность зависит как от точности фиксации момента пересечения развертывающим лучом телевизионной трубки изображения искры на ее мишени, так и линейностью и стабильностью самой развертки. Достигнутая точность фиксации момента пересечения при работе с реальной искровой камерой лучше 10^{-3} от длины рабочей части развертки. При работе с тест-таблицей с подсвечиваемыми реперами достигнута точность лучше $2 \cdot 10^{-4}$. В то же время нелинейность развертки может составлять проценты и развертка "плывет" со временем. Возникает необходимость регулярной калибровки системы.

Калибровка осуществляется путем сканирования изображения системы точных реперов с последующей аппроксимацией полученных данных аналитической зависимостью известного вида. Обычно для этой цели используется степенной полином [3]. Более удобно применять полиномы типа Чебышева, ортонормированные по экспериментальным точкам [4] .(В зарубежной литературе их называют полиномами Форсайта [5]). Удобства использования для аппроксимации ортонормированных полиномов известны: упрощаются расчеты, нет опасности катастрофических последствий машинных ошибок округления, не существенна размерность переменных, коэффициенты разложения стационарны относительно удерживаемого числа членов разложения и имеют ту же размерность, что и измеренные величины, их дисперсия равна дисперсии данных, использованных при калибровке, наконец, абсолютная величина ортонормированного полинома, как правило не превышает 0,5, а среднеквадратичное значение по опорным точкам равно $1/n$, где n -число опорных точек, использованных при калибровке. В результате погрешность, вносимая калибровкой в измеряемую величину (дисперсия)

$$\sigma^2 \cong \frac{m+1}{n} \sigma_0^2 \quad , \qquad (1)$$

где σ_0 -дисперсия калибровочных измерений, m -степень высшего полинома, удержанного при аппроксимации. Цель настоящего сообщения - обратить внимание на еще одно очень важное преимущество аппроксимации ортонормированными полиномами, которое обычно не отмечается.

На рис.1 нанесены в логарифмическом масштабе коэффициенты разложения по Чебышевским гармоникам в зависимости от номера гармоники, начиная со второй, полученные при одной из калибровок на 6-ти камерном телевизионном автомате. Там же помечена величина дисперсии при калибровке - σ_0 , она же - дисперсия оценки каждого из коэффициентов разложения a_k^* . Видно, что коэффициенты a_k^* ведут себя более или менее регулярным образом, спадая логарифмически линейно с номером гармоники до области шумов, достигаемой, в данном случае, после 7-ой гармоники. Этот

ход может быть аппроксимирован зависимостью вида

$$a_k^* \cong exp(-0{,}47k) \ , \quad k > 1 \qquad (2)$$

Такое поведение является типичным, полученным на большом числе калибровок различных камер в различное время. Наклон аппроксимирующей кривой во всех случаях примерно одинаков, хотя в отдельных случаях некоторые гармоники могут быть аномально малыми (на уровне шумов) или аномально большими (на пол порядка-порядок). Уровень шумов может в других случаях достигаться уже при шестой-седьмой гармонике, или лишь после восьмой-девятой гармоники. В отличие от регулярного в среднем хода коэффициентов разложения по Чебышевским ортонормированным гармоникам, коэффициенты разложения по обычному полиному такой регулярности не имеют.

Таким образом, разложение по ортонормированным полиномам типа Чебышева обладает настолько существенными преимуществами, что можно настоятельно рекомендовать использовать во всех случаях именно такое разложение, а не степенное.

Однако, при использовании разложения по ортонормированным полиномам, особенно в случае калибровки многокамерного телевизионного автомата, возникают дополнительные практически важные вопросы относительно затрат времени на обработку данных калибровки (аппроксимацию) и последующие расчеты, и относительно объема информации, подлежащей запоминанию.

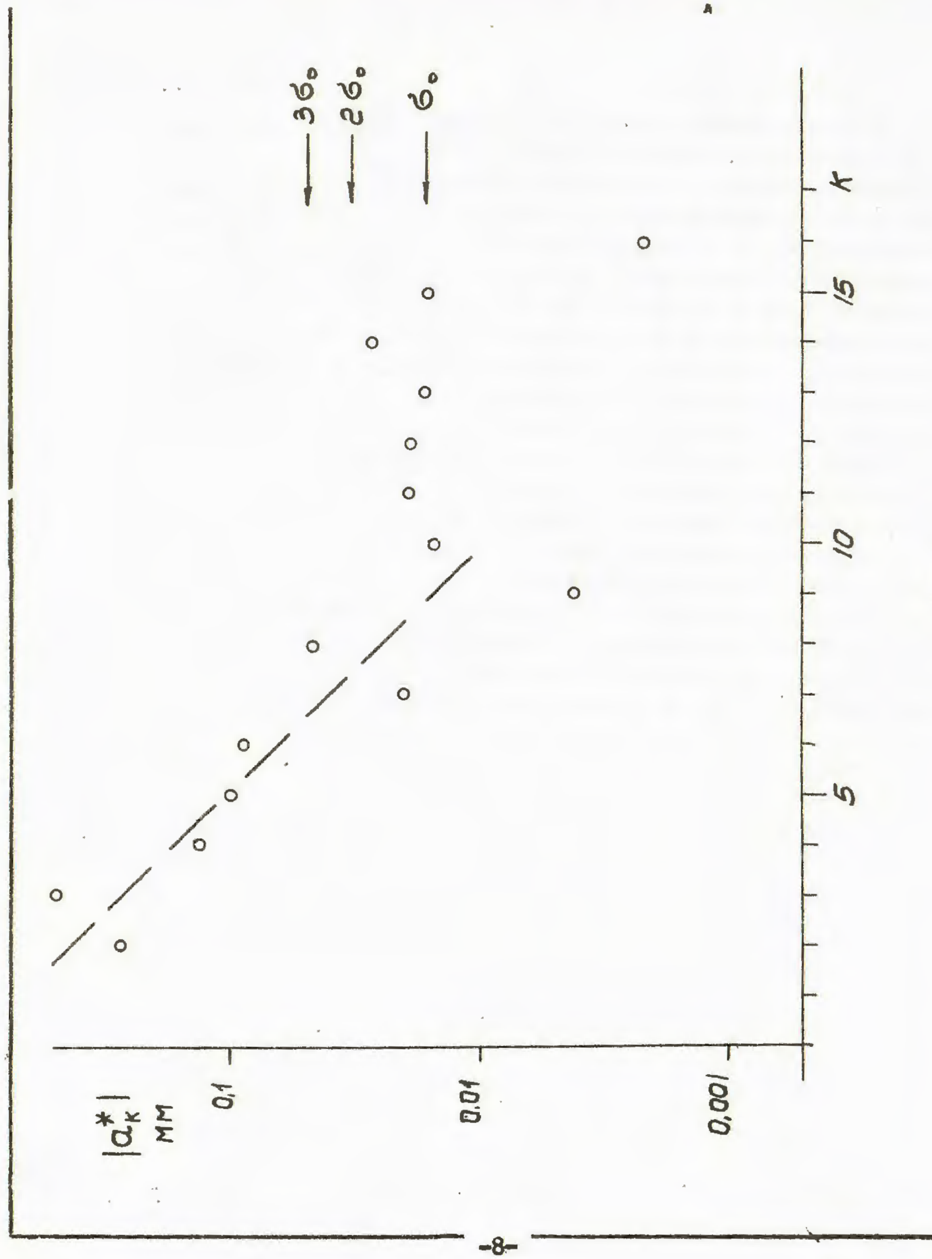
Счетное время ЭВМ , затрачиваемое на определение коэффициентов разложения по ортонормированным полиномам типа Чебышева до m-ого порядка включительно, пропорционально $m+1$, и меньше, чем время, необходимое для определения коэффициентов разложения в простой полином степени m , где приходится обращать квадратную матрицу $m \times m$.

С другой стороны, чтобы задать полином m-й степени, достаточно знать $m+1$ коэффициент. Для полинома 5-ой степени, 40-50 строк растра и 6-ти камер . это составит 1500-1800 чисел. В то же время вклад, соответствующий полиному Чебышева К-го порядка определяется 4-мя величинами: двумя коэффициентами α_k и β_k, нормировочной константой Ск (см.[4]) и коэффициентом разложения a_k^* (для нулевого полинома только $C_0 = n$, и a_0^*, а для первого - только C_1, α, и a_1^*). Таким образом, чтобы знать разложение по полиномам Чебышева до 5-го включительно, надо знать 21 коэффициент для одной строки, или на всю систему, при тех же условиях 5040-6300 чисел. Это существенная загрузка для ОЗУ малых ЭВМ.

Однако, в действительности оказывается, что не все коэффициенты, связанные с чебышевскими полиномами, меняются от строки к строке существенным образом. На рис.2 показаны значения коэффициентов α, β, C для первых пяти чабышевских полиномов при 16-ти опорных точках для 9-ти различных строк растра одной из телекамер. Там же показан допустимый диапазон изменений каждого из коэффициентов, соответствующий изменению вычисляемой по разложению величины X на $\sigma_0 = 0,02$ мм $(2,5 \cdot 10^{-4})$ при значении полинома 0,5 (в подавляющем большинстве точек, полином по крайней мере, в два раза меньше, а допуск, соответственно, в два раза больше). Видно, что существенно меняются только α_1, и C_1. Все остальные коэффициенты могут быть заменены их средними значениями. C_0 и a_0 вообще не зависят от номера строки. Коэффициент a_1^* -средняя скорость развертки - также в пределах допуска для всех строк одинаков. Таким образом, для каждой строки надо запомнить всего 6 коэффициентов: α_1, C_1, a_2^*, a_3^*, a_4^*, a_5^* - то есть столько же, сколько и в случае простого полинома, плюс 15 чисел, одинаковых для всех строк растра. Конечно, объём запоминаемой информации можно в обоих случаях - степенного полинома и полиномов Чебышева - сократить, если разложить все переменные коэффициенты по номерам строк и запоминать

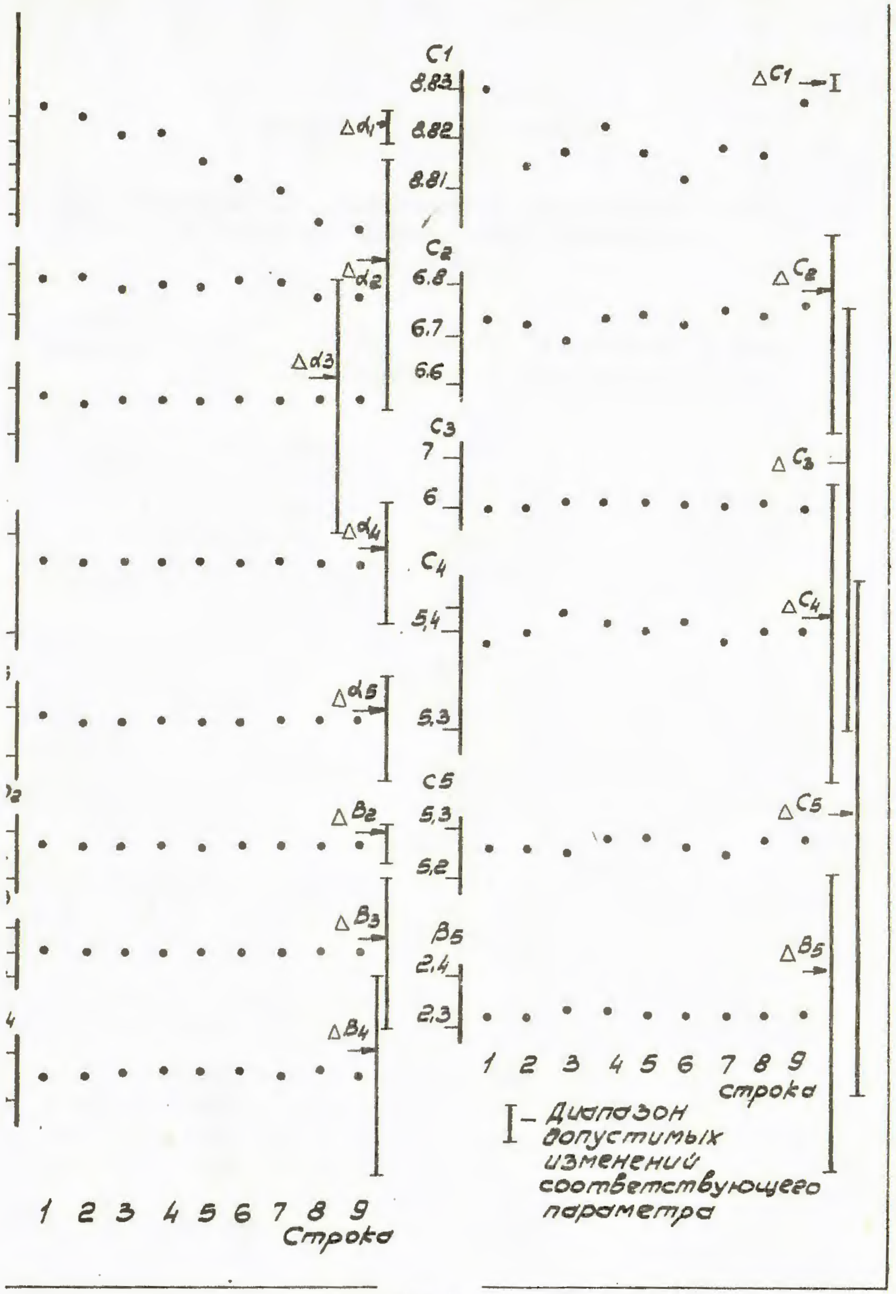
только коэффициенты этого разложения. Этот вопрос мы здесь детализировать не будем .

Единственный недостаток разложения по полиномам Чебышева, который мы смогли усмотреть ,состоит в большей затрате счетного времени при вычислении координат. Для вычисления значения полинома m -й степени достаточно произвести $m+1$ сложение, $m+1$ умножение и обратиться к памяти $m+1$ раз. При вычислении суммы $m+1$ -го ортонормированных полиномов Чебышева, необходимо произвести $4(m+1)$ умножений и $2(m+1)$ сложений и обратиться к памяти $4(m+1)$ раз, т.е. почти в 4 раза больше счетной работы. Если частота регистрации событий велика по сравнению с частотой перекалибровок (не реже 1-2 раза в час, см также [6]), то целесообразно после разложения по полиномам Чебышева перегруппировать члены в степенной полином, которым и пользоваться при обработке экспериментальных данных. Число запоминаемых коэффициентов при этом уменьшается до обычного для простого степенного полинома числа $m+1$ коэффициент для каждой строки.



|a*k| мм
0,1
0,01
0,001
5
10
15
k
3σ₀
2σ₀
σ₀

Рис.I



Δd1
Δd2
Δd3
Δd4
Δd5
ΔB2
ΔB3
ΔB4
1 2 3 4 5 6 7 8 9
Строка
C1
8.83
8.82
8.81
C2
6.8
6.7
6.6
C3
7
6
C4
5,4
5,3
C5
5,3
5,2
B5
2,4
2,3
ΔC1
ΔC2
ΔC3
ΔC4
ΔC5
ΔB5
1 2 3 4 5 6 7 8 9
строка
I – Диапазон допустимых изменений соответствующего параметра

Рис.2

ПОДПИСИ К РИСУНКАМ

Рис.1 Зависимость коэффициентов разложения α^*_k от номера чебышевской гармоники.

Рис.2 Значения коэффициентов α, β и C для первых пяти Чебышевских полиномов.

ЛИТЕРАТУРА

1. В.А.Клевалин, Б.А.Лебедев, А.Ф.Иванчихин, А.В.Петраков, А.Т.Дадян, А.М.Зверев,Ю.Н.Лебедев, Ю.Н.Можаров, В.М.Харитонов."Исследование работы телевизионного съёма информации с искровых камер на пучке электронно-кольцевого ускорителя". Препринт ЕФИ-22-(73).

2. В.А.Клевалин Б.А.Лебедев, А.Ф.Иванчихин, В.П.Горохов, В.А.Каргопольцев, О.М.Винницкий, В.М.Харитонов, О.М.Филатова, Е.И.Кургин, С.И.Врлкова, Н.Ф.Коровкин. "Шестикамерная видиконная система для автоматического бесфильмового съёма информации с искровых камер". Научное сообщение ЕФИ-207-(53)-76, Ереван 1976.

3. J.Anderson, E.H.Bellamy, J.F.Crawford et al. Operational experience with a vidicon system Материалы совещания по бесфильмовым искровым и стримерным камерам. Препринт ОИЯИ 13-4527. Дубна, 93-112, 15-18 апреля 1969.

4. Р.С.Гутер и Б.В.Овчинский. "Элементы численного анализа и математической обработки результатов опыта". Физматгиз, М. 307-310, 1962.

5. Д.Худсон. "Статистика для физиков". П изд. Мир, М. ,161, 1960.

6. А.В.Петраков, В.И.Торб. в, В. М.Харитонов."Стабилизация размеров и пространственного положения растра пре изионной телевизионной системы" ,ПТЭ, 4, 98., 1976.

Рукопись поступила 16-го мая 1977 г.

Редактор Л.П.Мукаян
Тех. редактор А.С.Абрамян

Заказ 1058 ВФ- 03326 Тираж 299
Подписано к печати 26/УП-77г. Формат издания 30x40
1,0 уч.изд.л. Ц. 7 к.

Издано Отделом научно-технической информации Ереванского физического института, Ереван-36, пер.Маркаряна 2