

У8406



2247/82

Вертоградов Л.С. и др.

Б 1-10-82-10.

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Б1-10-82-10

ДЕПОНИРОВАННАЯ ПУБЛИКАЦИЯ

• Дубна 1982

Л.С. Вертоградов, А.А. Карлов, В.А. Степаненко

Б1-10-82-10

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ВЕРШИН И ТРЕКОВ В ПРОЦЕССЕ ИЗМЕРЕНИЙ
МНОГОКАДРОВЫХ СОБЫТИЙ С КАМЕРЫ РИСК НА АВТОМАТЕ АЭЛТ-2/160

афиша

РУССКИЙ
Д. СТОТ
11. 01. 82.

Дубна, 1981 г.

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
БИБЛИОТЕКА

I. Введение

Известно, что для многокадровых событий с большой множественностью, регистрируемых на фотопленку в ряде современных трековых детекторов, к которым относится и стримерная камера РИСК ОИЯИ /1/, при геометрической реконструкции возникает проблема идентификации на различных кадрах вершин и треков, относящихся к одному и тому же событию.

Традиционные методы, основанные на идентификации человеком всех вершин и треков на этапе просмотра в случае большого числа треков, разлетающихся в узком конусе, оказывается практически непригодными. С другой стороны, современные алгоритмы геометрической реконструкции событий в объеме камеры, в принципе, могут обеспечить автоматическое установление соответствия вершин и треков на различных кадрах /2/. Однако, в случае массовой обработки событий с большой множественностью эти алгоритмы оказываются малоэффективными, так как требуют весьма значительных ресурсов ЭВМ (объема памяти, времени центрального процессора и т.п.) для перебора всех допустимых комбинаций кандидатов в треки и вершины. При этом оказывается, что требования к ресурсам ЭВМ существенно нелинейно зависят от числа треков и вершин, подлежащих идентификации.

Учитывая тот факт, что указанные алгоритмы допускают в исходной информации наличие ранее идентифицированных треков и вершин, в рамках комплекса программ измерения и распознавания снимков /3/ с камеры РИСК на автомате АЭЛТ-2/160 /4/ была обеспечена возможность выборочного мечения трековой информации.

В камере РИСК каждое событие фотографируется на восемь стереокадров с частичным перекрытием изображений. Первичные вершины, соответствующие распадам и взаимодействиям частиц с энергиями порядка 40 ГэВ/с, могут содержать до 30 треков. Измерение и распознавание трековой информации в поле кадра производится оператором на автомате АЭЛТ-2/160 в режиме диалога с использованием схематических рисунков кадров события /5,6/, которые составляются на этапе предварительного просмотра. На этих рисунках может находиться информация, выделяющая отдельные треки и вершины, для которых такая идентификация была возможна на этапе просмотра.

Машинно-независимый формат записи результатов измерений на магнитофонах ЕС-5012 управляющей ЭВМ автомата /7/ допускает возможность ввода и сохранения меток соответствия для треков и вершин в процессе измерения снимков на автомате АЭЛТ-2/160.

В работе рассмотрены вопросы, связанные с процедурой выборочного мечения трековой информации на этапе просмотра, а также измерения событий в режиме диалога оператора с ЭВМ.

2. О целесообразности применения методики выборочного мечения треков многокадровых событий на этапе просмотра и измерения

В приложении приведены все возможные комбинации наборов для случая треков на четырех стереокадрах. Очевидно, что в числе возможных комбинаций следует предусмотреть наборы, в которые входят кандидаты не только на всех четырех кадрах, но также и на двух и трех кадрах.

Обозначим через $M_{j/k}^n$ число наборов, состоящих из j кандидатов для n треков на k кадрах. Это число можно выразить в виде формулы

$$M_{j/k}^n = n^j C_k^j, \quad (1)$$

где C_k^j - число сочетаний k -элементов по j , т.е. например,

$$M_{4/4}^2 = 2^4 \cdot C_4^4 = 16;$$

число наборов, состоящих из 4 кандидатов на 4 стереокадрах для двух треков;

$$M_{2/4}^2 = 2^2 \cdot C_4^2 = 24;$$

число наборов, состоящих из 2 кандидатов — " —

Число всех возможных комбинаций наборов для n треков на k стереокадрах M_k^n определяется суммой $M_{j/k}^n$:

$$M_k^n = \sum_{j=2}^k M_{j/k}^n = \sum_{j=2}^k n^j \cdot C_k^j. \quad (2)$$

Анализ работы с программами геометрической реконструкции событий при энергиях больше 10 ГэВ/с показывает, что для числа треков $n > 5$ и при числе кадров $2 \leq k \leq 4$ перебирается порядка 10%

максимально возможного числа наборов кандидатов в треки события за счет оптимизации алгоритма перебора кандидатов.

С другой стороны, для каждого набора запоминается массив параметров: номер набора, кривизна, глубинный и азимутальный углы наклона предполагаемого трека, ошибки, вычисленные по МНК так называемое "качество набора" - всего $7 \div 10$ слов в зависимости от версии программ. Поэтому можно считать, что в рассматриваемом интервале значений величин n и K для указанных энергий формула (2) достаточно хорошо характеризует общий объем памяти ЭВМ, необходимый для формирования и перебора кандидатов в треки (без учета памяти, необходимой для размещения программы формирования и анализа наборов).

Оценивая требуемый ресурс памяти ЭВМ при наборах для 10 и 20 треков из кандидатов на двух, трех или четырех стереокадрах имеем:

$$\begin{array}{ll} M_2^{10} = 100 ; & M_2^{20} = 400 ; \\ M_3^{10} = 5500 ; & M_3^{20} = 84000 ; \\ M_4^{10} = 14600 ; & M_4^{20} = 180120 . \end{array}$$

Из приведенных примеров видно, что при наличии трех или двух стереокадров практически нет проблем с памятью ЭВМ даже для случая десяти треков. Поэтому при обработке фильмовой информации с традиционных жидководородных и стримерных камер не было особых трудностей на этапе геометрической реконструкции событий на ЭВМ СДС-6500 и БЭСМ-6. Значительное увеличение числа наборов наблюдается с ростом числа треков и кадров. Из-за ограниченности вычислительной мощности ЭВМ СДС-6500 и БЭСМ-6, на которых в данное время в основном производится геометрическая реконструкция многокадровых событий с большой стримерной камеры РИСК, при средней множественности более десяти треков на кадр необходимо выборочно идентифицировать треки и вершины визуально на этапе предварительного просмотра.

3. Выбор и мечение трековой информации при просмотре

Многолетний опыт измерения фильмовой информации с трековых камер свидетельствует целесообразности составления на этапе просмотра схематических рисунков для многокадровых событий с большой

множественностью. Методика измерения событий на фотоснимках с камеры РИСК не представляет исключения с этой точки зрения.

При составлении рисунков фоновые, не представляющие интереса, события отбрасываются, а события, выделяемые для измерений, изображаются вместе со служебной информацией.

Одна из важных задач на этапе предварительного просмотра кадров событий – визуальная идентификация вершин (треков) одного и того же события на стереокадрах. Как было показано ранее, в случае большого числа треков на трех и более стереокадрах учет такого рода информации при геометрической реконструкции событий играет весьма важную роль.

При составлении схематических рисунков многокадровых событий с камеры РИСК предусмотрена возможность идентификации до семи вершин и до семи треков для каждой вершины в поле одного кадра. Ограничение числа идентифицируемых объектов обусловлено особенностями формата записи на магнитные ленты, принятого для автоматизированных систем, которые ориентированы на обработку снимков с камеры РИСК.

При установлении соответствия элементов событий на кадрах с камеры РИСК можно использовать следующие критерии:

1. Расположение стримеров относительно реперных крестов и мишеней. Критерии применим для отдельных треков, имеющих значительную кривизну или большое отклонение в плоскости кадра относительно его продольной оси симметрии.

2. Величина и знак кривизны трека. Этот критерий помогает идентифицировать треки, имеющие малый глубинный угол, а также треки, близко расположенные один относительно другого; обычно применяется в комбинации с другими методами идентификации треков.

3. Оптическая плотность и размер стримеров в поле зрения стереокадров. Этот критерий лучше всего применять для идентификации параллельно идущих треков.

4. Характерные точки на треках. К ним относятся: точки останова, разряды вблизи сеточных электродов камеры, вершины вторичных взаимодействий и так называемые дельта-электроны, имеющие вид раскручивающейся спирали. Это наиболее ценные признаки для идентификации треков многолучевых событий.

Информация о характерных точках трека, стримерах несколько искажается при растровом сканировании на АЭЛТ-2/160, но хорошо видна на просмотрном столе автомата.

Номера идентифицируемых объектов (так называемые "номера соответствия") наносятся на рисунок события в поле стереокадра на этапе предварительного просмотра в виде римских цифр рядом с другими метками, относящимися к данному объекту.

Например, на рис. 6.7 показана идентификация вершины как объекта с номером соответствия IV. Эта информация присутствует наряду с информацией о метке вершины (6), о числе выходящих из вершины треков (2) и о порядковом номере измерения (3).

На рис. 6.8 показана идентификация трека как объекта с номером соответствия V, который идентифицирован по наличию упругого взаимодействия в конце трека (3) и имеет порядковый номер измерения равный 9. Подробнее о метках вершин, треков и составлении рисунков сказано в работах/6,7/.

Процедура ввода меток при измерениях

При измерениях на автомате АЭЛТ-2/160 служебная информация (номер кадра, номер события, номер перемера) и метки вершин, треков для каждого события считываются с магнитной ленты /5/. События, которые не содержат паспортных данных для кадров данного этапа измерений пропускаются с выдачей соответствующей диагностики на консольном дисплее ЭВМ и на АЦПУ.

Чтобы исключить случайные ошибки, оператор в режиме диалога с ЭВМ подтверждает факт отсутствия полезной информации на очередном стереокадре события.

Для измеряемых кадров сначала распознаются по маскам их реперные кресты, а потом (на основании меток в паспорте события) последовательно измеряются вершины и треки. Диалоговая программа, организующая процесс измерения, предлагает оператору выбрать в поле измеряемого кадра район сканирования, наиболее подходящий для очередной вершины. После мечения видимой вершины световым карандашом, формируется массив данных в памяти ЭВМ в машинно-независимом формате. На этом этапе копия метки вершины из паспорта данных приформировывается к массиву координат. При этом в режиме диалога оператора с ЭВМ можно ввести и номер (признак) соответствия для вершины или трека, этот номер также приформировывается аналогичным образом к массиву координат опорных точек.

С точки зрения технической реализации для ввода номеров соответствия используется функциональная клавиатура (ФК). Одна из клавиш с фиксацией (ФК I3) позволяет указывать, задан ли режим диалоговой идентификации; при этом номера соответствий вводятся с помощью клавиш ФК I÷7 в ответ на текстовое сообщение, выводимое на экране дисплея. Введенный номер соответствия высвечивается для контроля на этом же дисплее сразу после ввода.

Время, затрачиваемое на диалог оператора с ЭВМ на процедуру идентификации не превышает нескольких секунд и практически не увеличивает времени, затрачиваемого на измерение трека или меченые вершины.

Ошибки, допущенные при идентификации вершин и треков могут быть исправлены только путем перемера всех треков и вершин данного кадра; ошибочный выбор режима идентификации может быть отменен без необходимости повторения процедуры измерения.

Заключение

Предложенная и реализованная методика расширяет возможности диалогового распознавания многокадровых событий со сложной топологией на измерительном автомате АЭЛТ-2/160. При этом сохраняется без изменений алгоритм диалогового слежения по треку, ввод паспортных данных на основании схематических рисунков и программы контроля точности измерений /6/.

Помеченные треки (вершины) автоматически выбираются по меткам и исключаются из списков кандидатов при геометрической реконструкции. Таким образом, сокращается время счета, уменьшаются требования к памяти ЭВМ, повышается достоверность результатов и становится практически возможной реконструкция многокадровых событий с большой множественностью, на ЭВМ типа СДС-6500 и БЭСМ-6 (рис. 5).

События с камеры РИСК можно измерять в двух режимах: с вводом меток соответствия треков при измерении на АЭЛТ-2/160 и без указания этих признаков. Сравнение результатов геометрической реконструкции треков события в объеме физической установки дает возможность контролировать процедуру выбора кандидатов в треки на стереокадрах события и подбирать соответствующие константы программы геометрической реконструкции.

Выборочное мечение идентифицированных вершин и треков при измерении фильмов РИСК в настоящее время реализована только на АЭЛТ-2/160.

Авторы признательны И.Фараго и Я.Гаевскому за ценные рекомендации по реализации рассмотренной методики, а также операторам за полезные замечания, высказанные в процессе методических изменений.

Приложение

Рассмотрим пример построения полного списка кандидатов в случае регистрации только двух треков на каждом из четырёх стереокадров (рис.1).

Условимся для наглядности обозначать треки на кадре **a** с помощью символов a_i . Тогда в простейшем случае все возможные комбинации треков на стереокадрах **a** и **b** можно представить списком:

$$\begin{array}{l} a_1 \quad b_1 \\ a_2 \quad b_2 \\ a_1 \quad b_2 \\ a_2 \quad b_1 \end{array} \quad (I a)$$

Схематически каждый элемент данного списка можно представить линией, соединяющей соответствующие точки двух множеств $\{a\}$ и $\{b\}$ (рис. 2). В таком случае полный набор всех возможных комбинаций представим в виде сетки, соединяющей разноименные элементы множеств (рис. 3). Очевидно, что этот метод графического представления наборов можно применять и для случая разного числа видимых треков в поле стереокадров, но мы на этом не будем останавливаться.

Составим все возможные наборы для двух, трёх и четырёх стереокадров в случае наличия на каждом из них только двух треков.

Как видно на рис. 3÷4 для случая четырёх кадров нам надо просуммировать количество кандидатов на всех четырёх кадрах, на трех кадрах (четырежды) и шесть раз для пары стереокадров.

Аналогично тому, как получили список кандидатов для двух стереокадров, можно составить список допустимых кандидатов и для 3-х кадров (a, b, c):

$$\begin{array}{l} a_1 \quad b_1 \quad c_1 \\ a_1 \quad b_1 \quad c_2 \\ a_1 \quad b_2 \quad c_1 \\ a_1 \quad b_2 \quad c_2 \end{array} \quad \begin{array}{l} a_2 \quad b_1 \quad c_1 \\ a_2 \quad b_1 \quad c_2 \\ a_2 \quad b_2 \quad c_1 \\ a_2 \quad b_2 \quad c_2 \end{array} \quad (2a)$$

С увеличением числа кадров длина списка кандидатов увеличивается в соответствии с формулой

$$L_k = N^k, \quad (3a)$$

где N — количество треков на одном кадре;
 k — количество кадров.

В нашем случае имеем зависимость L_k от количества кадров:

k	2	3	4
L_k	4	8	16

(4a)

Таким образом суммарная длина всех допустимых списков кандидатов равна в нашем случае:

$$L = L_4 + 4 \cdot L_3 + 6 \cdot L_2 = \sum_{i=2}^4 q_i L_i = 72 \quad (5a)$$

Коэффициенты q_i по значению равны числу сочетаний из четырёх элементов по i . Эти коэффициенты отражают специфику составления списков кандидатов для многокадровых событий, т.к. они не зависят от числа треков на кадре.

ЛИТЕРАТУРА

1. Андреев Е.М. и др., ОИЯИ, I3-8550, Дубна, 1975.
2. CERN TC Program Library , Geneve , 1975.
3. Карлов А.А. и др., Диалоговый программный комплекс для измерения и распознавания фотоснимков ядерных взаимодействий. В кн: Тезисы первого всесоюзного семинара по автоматизации научных исследований в ядерной физике смежных областях. "Дониш", Душанбе, 1980, стр. 293-295.
4. Burov A.S. et al. Proc. of Oxford Conf. on computer Scanning, 2-5 April, 1974, England, Vol.1, p.p. 111-122.
5. Степаненко В.А., ОИЯИ, В1-10-81-123, Дубна, 1981.
6. Сенченко В.А., Степаненко В.А., ОИЯИ, В1-10-81-124, Дубна, 1981.
7. Степаненко В.А., В1-10-81-593, Дубна, 1981.

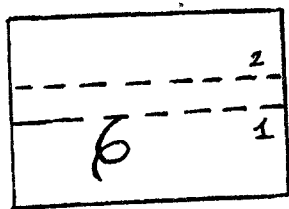
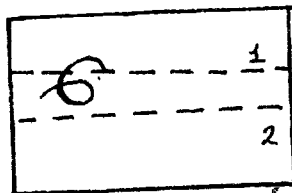


Рис. 1. Пример регистрации проходящих треков на двух стереокадрах.

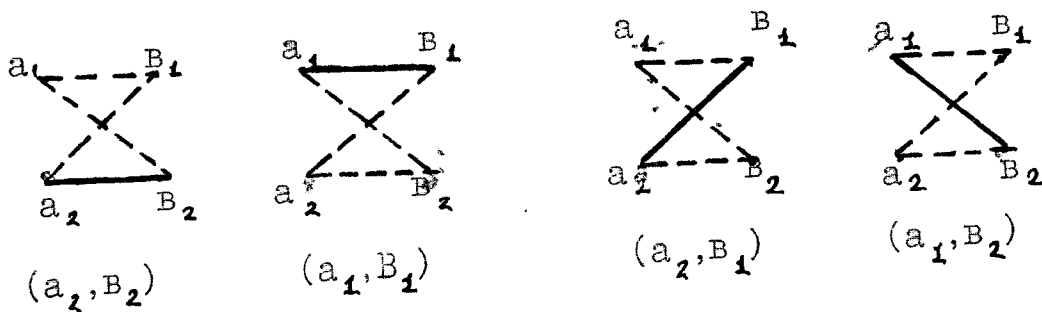


Рис. 2. Схема выбора кандидатов в два трека на кадрах А и В.

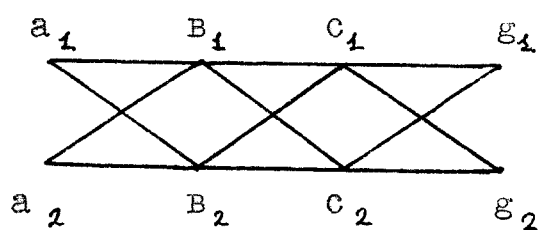


Рис. 3. Схематическое представление наборов кандидатов в два трека на четырех стереокадрах.

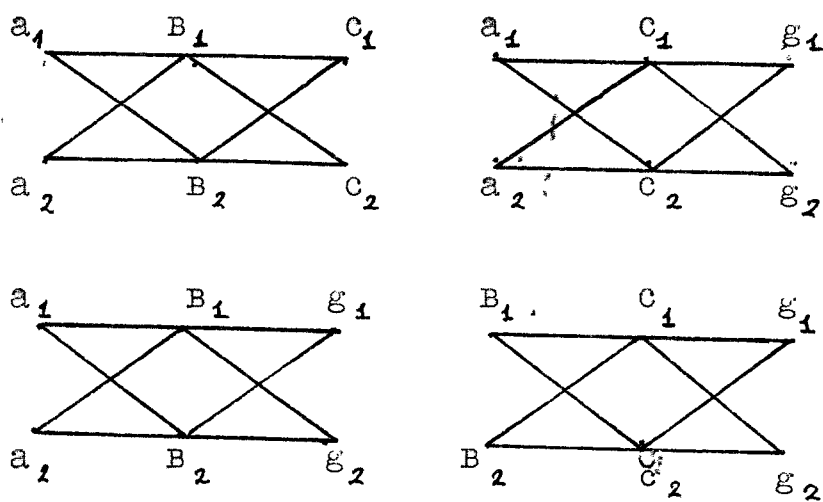


Рис. 4. Схема выбора кандидатов в два трека на трех стереокадрах из четырех.

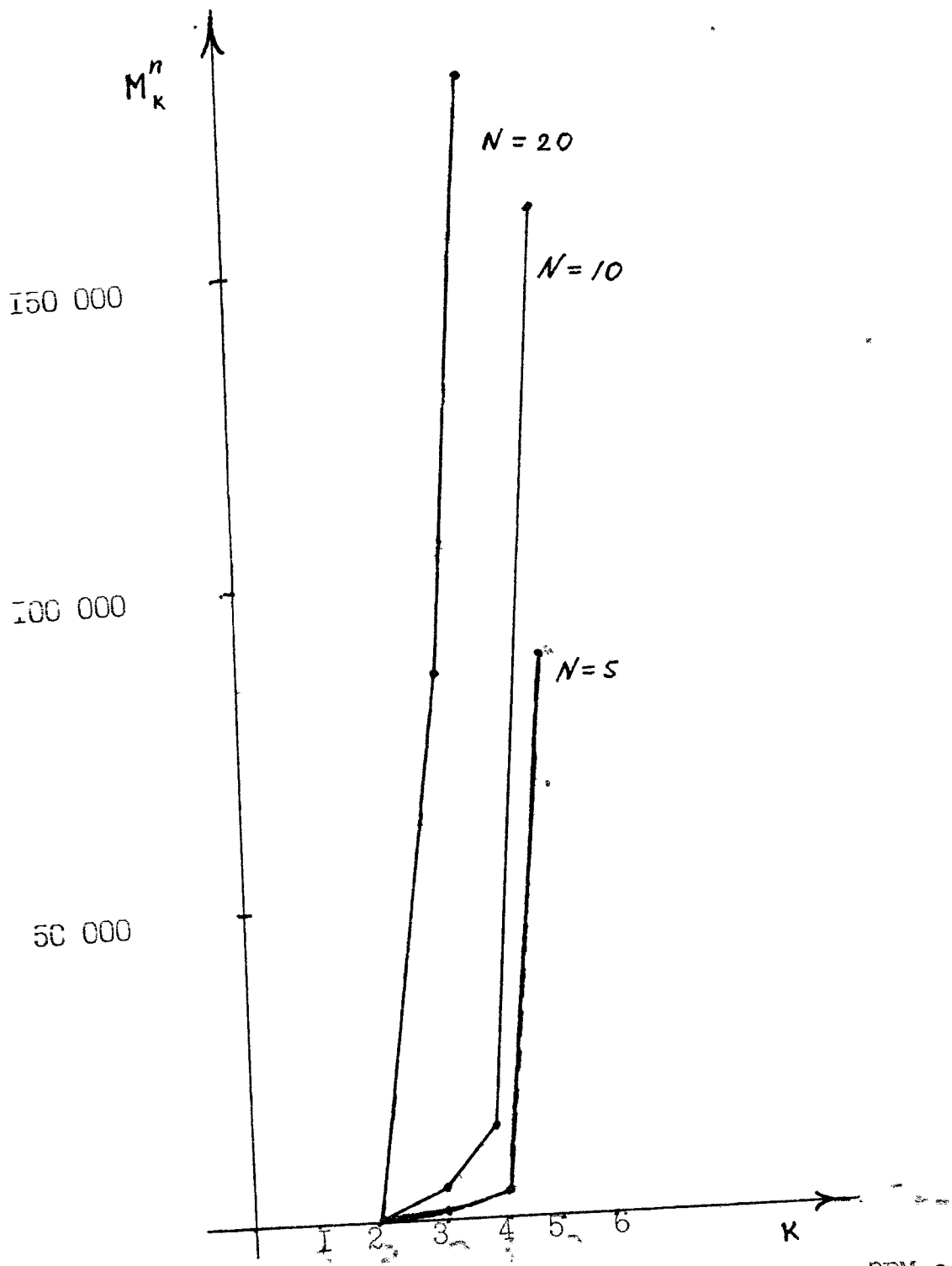


Рис. 5. Зависимость требований к ресурсу памяти ЭВМ с увеличением числа треков и стереокадров, на которых они измерены.

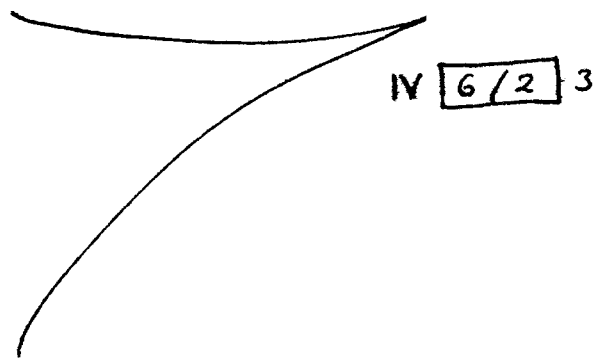


Рис. 6. Пример указания меток в районе вершины V^{\bullet} -распада.

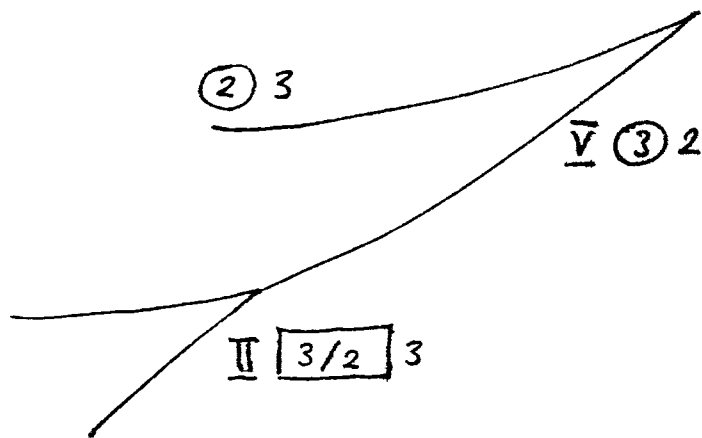


Рис. 7. Пример идентификации трека по наличию упругого взаимодействия в поле кадра.