

О новом методе получения треков-кандидатов для эксперимента BM@N

*П. Н. Батюк¹, С. П. Мерц¹, Г. А. Ососков²,
О. В. Розачевский¹*

¹Лаборатория физики высоких энергий, ОИЯИ

²Лаборатория информационных технологий, ОИЯИ

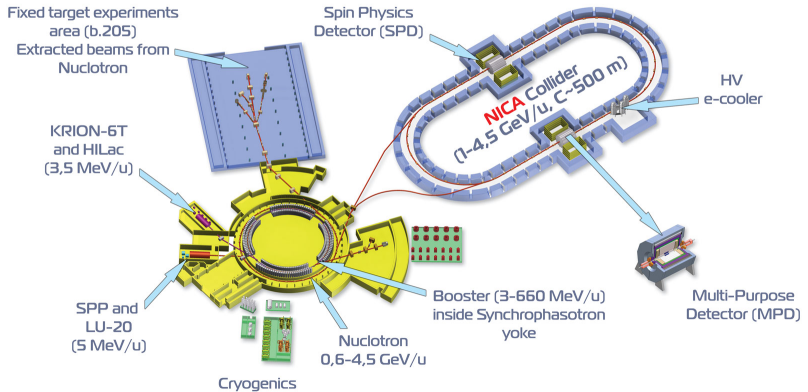
26 августа 2014

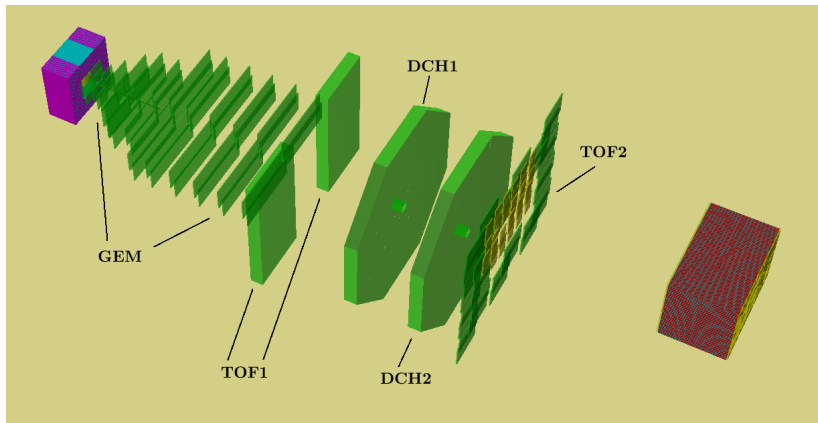


Международная молодёжная конференция
«Современные проблемы прикладной математики и
информатики»

International Conference for Young Scientists «Modern
Problems of Applied Mathematics & Computer Science»

Superconducting accelerator complex **NICA** (**N**uclotron based **I**on **C**ollider **f**Acility)





В текущей реализации трекинга в всех трековых детекторах в качестве хитов используются «размытые» монте-карло точки ($300\text{ }\mu\text{м}$).

Общая цепь реконструкции событий

Локальная реконструкция

- **Поиск хитов в детекторах (HitFinding).**
Сложность и время выполнения очень сильно зависит от детектора.
- **Поиск треков-кандидатов в «сложных» детекторах (SeedFinding).**
Затратная процедура, связанная с перебором большого числа хитов.

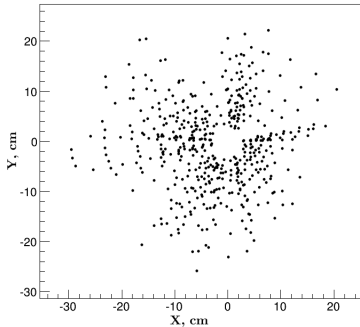
Глобальная реконструкция

- **Присоединение хитов к трекам-кандидатам (HitMatching).**
Де-факто, общепринятый подход, основанный на фильтре Калмана.
- **Формирование итоговых треков (TrackFitting).**
Обновление параметров трека с помощью фильтра Калмана.

Поиск треков-кандидатов

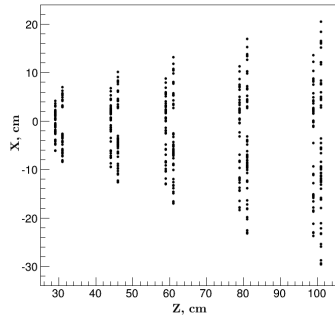
Цель

Найти фрагменты треков и вычислить их параметры для передачи их фильтру Калмана.



Проблема

Невозможно определить, какому треку принадлежит хит, не проведя фитирование.



Поиск треков-кандидатов

Решение

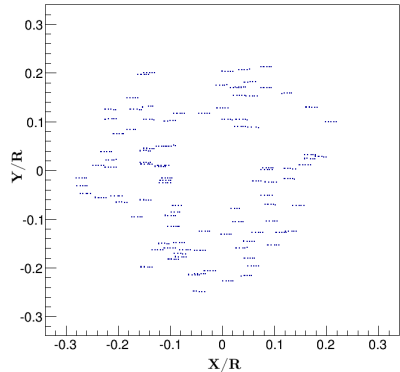
Перейти в координатное пространство, в котором хиты будут сгруппированы более компактно.

Координатное преобразование

$$\{x, y\} \mapsto \left\{ \frac{x}{\sqrt{x^2 + y^2 + z^2}}, \frac{y}{\sqrt{x^2 + y^2 + z^2}} \right\}$$

Свойства

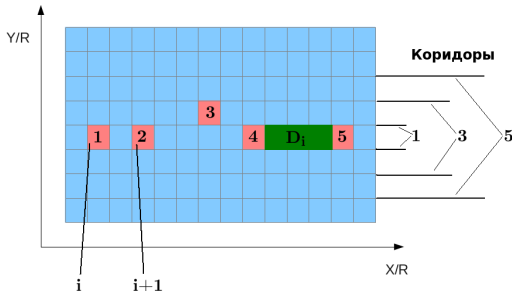
- Треки преобразуются в горизонтальные отрезки.
- Нумерация станций позволяет легко осуществлять поиск.
- Расстояние между хитами в каждом горизонтальном кластере зависит от импульса.



Алгоритм поиска треков-кандидатов

Подготовительная часть

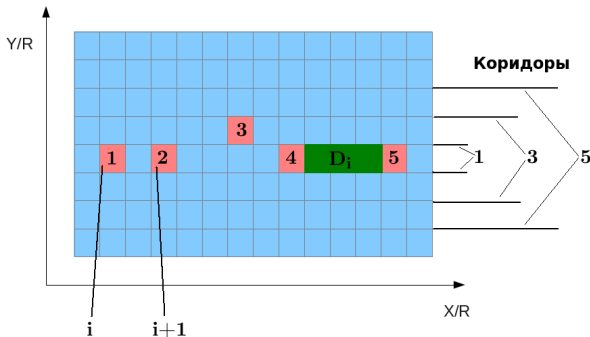
- 1 Для поиска треков-кандидатов используются только первые 5 станций.
- 2 Построение «виртуальной гистограммы». Каждому хиту приписывается адрес на сетке $\{\frac{X_i}{R_i}, \frac{Y_i}{R_i}\}$, $R_i = \sqrt{x_i^2 + y_i^2 + z_i^2}$.
- 3 Ввод весов. Каждому хиту приписывается вес (ω_i), равный номеру GEM-станции.
- 4 Расстояние между двумя хитами D_i .



Алгоритм поиска треков-кандидатов

Основная часть - 1

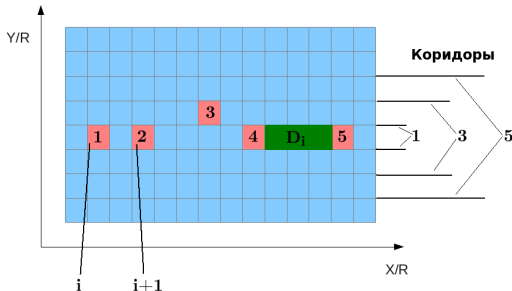
- 1 Ищутся хиты с $\omega = 1$.
- 2 Осуществляется поиск соседей влево и вправо.
- 3 Поиск происходит по коридорам, ширина которых варьируется.



Алгоритм поиска треков-кандидатов

Основная часть - 2

- ❶ Должно соблюдаться условие увеличения веса: $\omega_{i+1} > \omega_i$, то есть движение трека «вперед».
- ❷ Возможен поиск «идеального» трека, то есть $\omega_{i+1} = \omega_i + 1$
- ❸ Поиск прекращается при $|\frac{X_i}{R_i} - \frac{X_{i-1}}{R_{i-1}}| > N \cdot D_{max}$, где D_{max} – максимальное расстояние между уже найденными хитами, $N = 4$ в текущей реализации.
- ❹ Процедура повторяется несколько раз с различными коридорами.



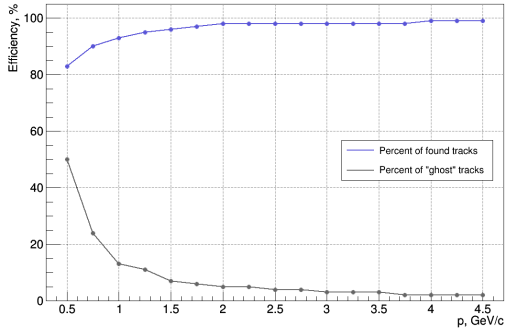
Вычисление параметров трека-кандидата

- 1 Найденные треки-кандидаты аппроксимируются окружностью с помощью метода быстрой робастной подгонки.¹
- 2 Из параметров окружности и наклона геликоида вычисляется вектор состояния и ковариационная матрица для фильтра Калмана.
- 3 Хиты не прошедшие отбор в аппроксимации, возвращаются в общий массив для повторной обработки.

¹ Г. А. Ососков, А. Полянский, И. В. Пузынин, «Современные методы обработки экспериментальных данных в физике высоких энергий», ЭЧАЯ, т. 33, в. 3, 2002, 676 - 741.

Эффективность поиска треков-кандидатов

Данные: *BOX*, 500 *prim.* , $0^\circ \leq \phi < 360^\circ$, $5^\circ \leq \theta \leq 15^\circ$



$$Eff = \frac{N_{found}}{N_{gen}} \cdot 100$$

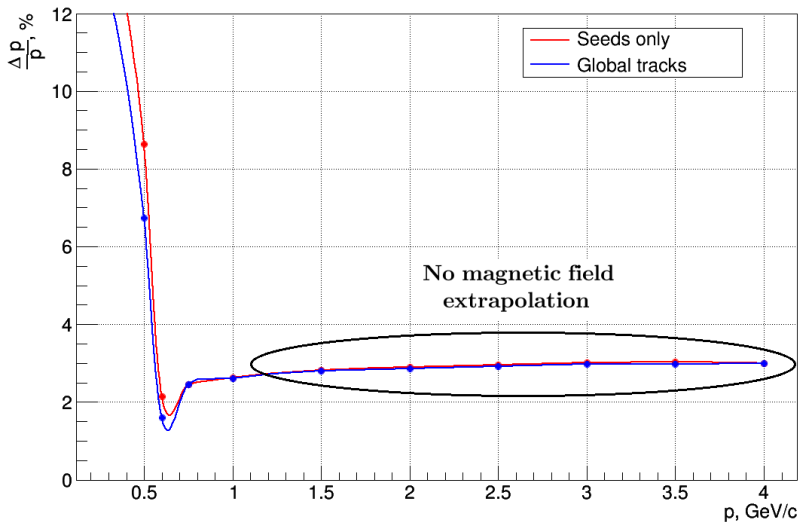
$$Ghost = \left(1 - \frac{N_{well}}{N_{gen}}\right) \cdot 100$$

N_{gen} – общее число смоделированных треков.

N_{found} – общее число найденных треков.

N_{well} – число треков, у которых более 70% хитов присоединены верно.

Импульсное разрешение



Время выполнения

Грубая оценка: текущая версия поиска треков-кандидатов занимает 2% времени.

Efficiency of seeding		GEM-seeding
Percent of connected hits:	22143 / 23159	95.61%
Percent of well connected hits:	21449 / 22143	96.87%
Percent of wrong connected hits:	694 / 22143	3.134%
Percent of well found tracks (thresh = 0.7):	4671 / 4707	99.24%
Work time: full / per one event:	1.15 sec.	0.115 sec.

Efficiency of tracking		GEM-tracking
Percent of connected hits:	14775 / 20700	71.38%
Percent of well connected hits:	14697 / 14775	99.47%
Percent of wrong connected hits:	78 / 14775	0.5279%
Percent of well found tracks (thresh = 0.7):	4634 / 4707	98.45%
Work time: full / per one event:	36.2 sec.	3.62 sec.

Efficiency of Global tracking		Global tracking
Percent of connected hits:	39091 / 53136	73.57%
Percent of well connected hits:	38478 / 39091	98.43%
Percent of wrong connected hits:	613 / 39091	1.568%
Percent of well found tracks (thresh = 0.7):	4621 / 4707	98.17%
Work time: full / per one event:	18.69 sec.	1.869 sec.

Заключение

Поиск треков-кандидатов

- 1 Предложен и реализован в программном комплексе BmnRoot алгоритм поиска треков-кандидатов.
- 2 Разработанный алгоритм позволяет снизить число переборов.
- 3 Робастная подгонка окружностями дает быстрые и точные оценки параметров треков-кандидатов.
- 4 Высокая скорость работы.
- 5 Простота реализации.
- 6 Хорошая перспектива для распараллеливания.

Глобальный трекинг

- 1 Реализован алгоритм глобального поиска треков, основанный на CbmLitTracking.
- 2 Полученные характеристики говорят о хорошем качестве трекинга.

Планы

- 1 Проверка качества трекинга на реалистичных хитах.
- 2 Исследовать вопрос большого числа «ghost»-треков на низких импульсах.
- 3 Провести анализ зависимости эффективности от ширины коридора и размера бинов.
- 4 Реализовать поиск треков-кандидатов, начиная с любой станции.
- 5 Анализ эффективности глобального трекинга при использовании экстраполированной карты магнитного поля.
- 6 Оптимизировать и ускорить алгоритм глобального трекинга.

Спасибо за внимание!

Backup

