АЛГОРИТМ ИСКУССТВЕННОЙ СЕТЧАТКИ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ТРАЕКТОРИЙ В LHCB CERN

Борисяк Максим, Александр Панин,
Андрей Устюжанин, Денис Деркач,
Федор Ратников

4 февраля 2016 г.

Yandex Data Factory,
Национальный Исследовательский Университет Высшая Школа Экономики
Лаборатория Методов Анализа Больших Данных,
LHCb collaboration

Содержание

Детектор LHCb CERN

Фильтрация событий

- Поток данных в CERN LHCb

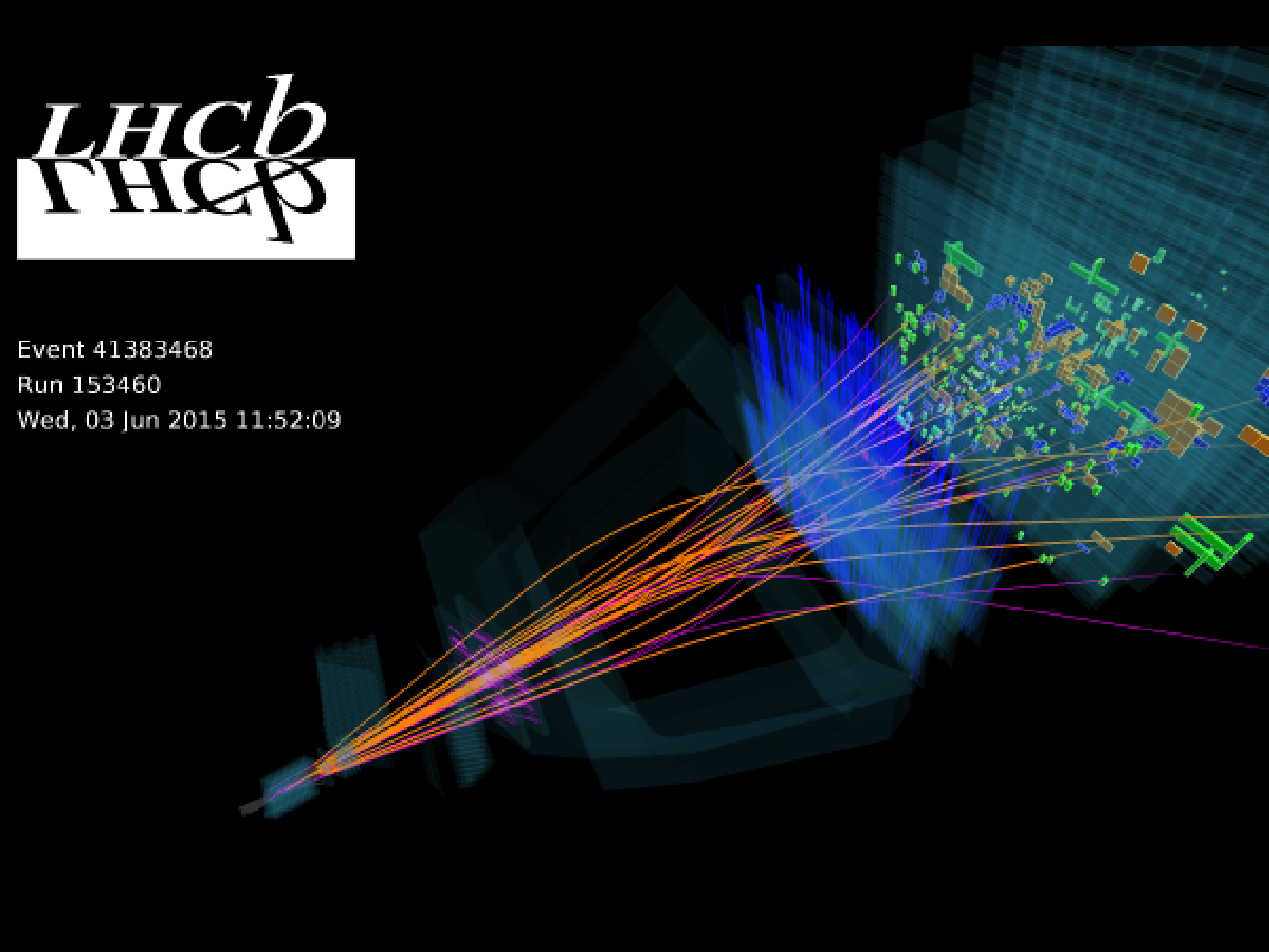
Artificial Retina

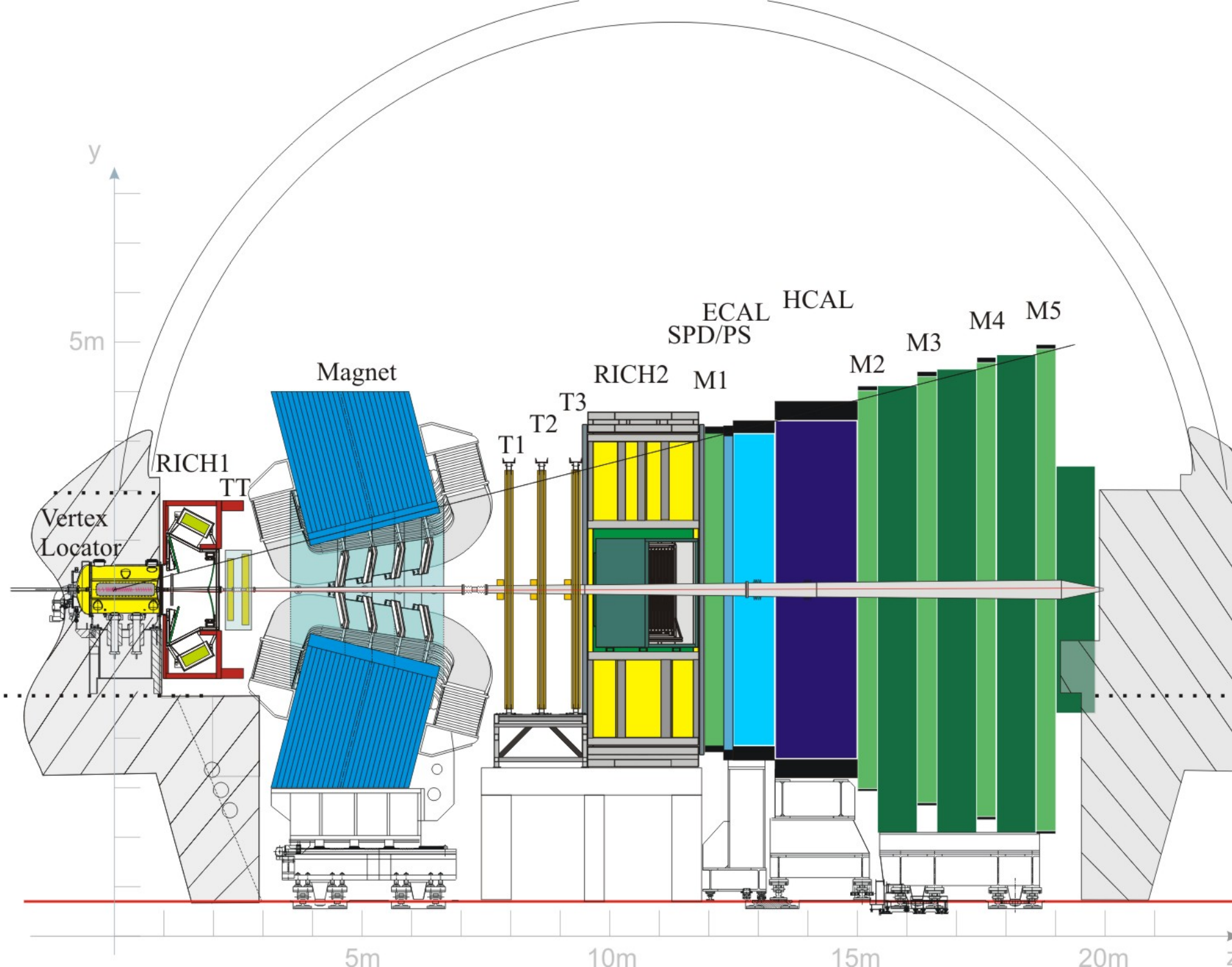
- Artificial Retina Grid
- Artificial Retina Optimization
- Результаты

Artificial Retina как слой NN

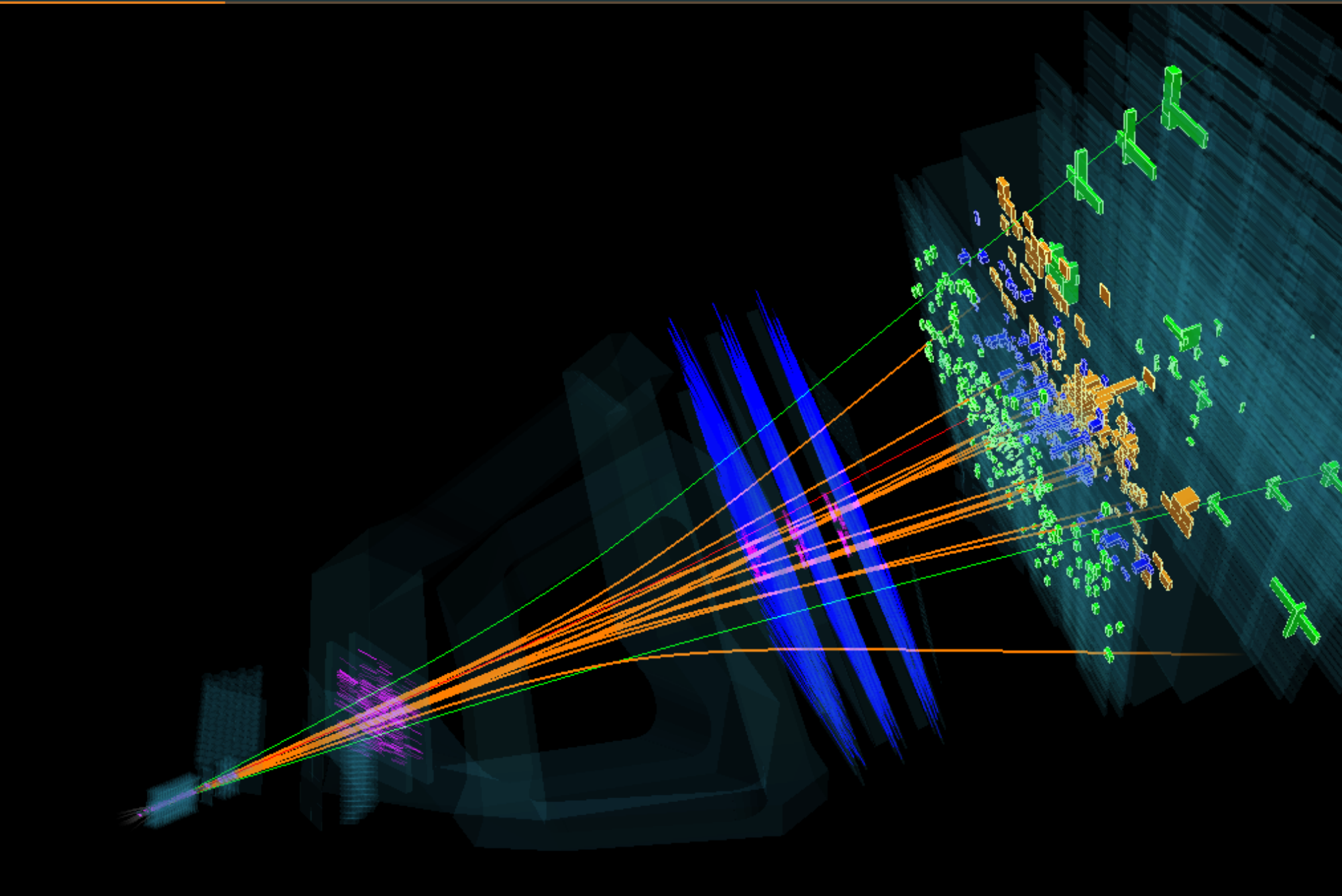
Заключение

ДЕТЕКТОР LHCB CERN

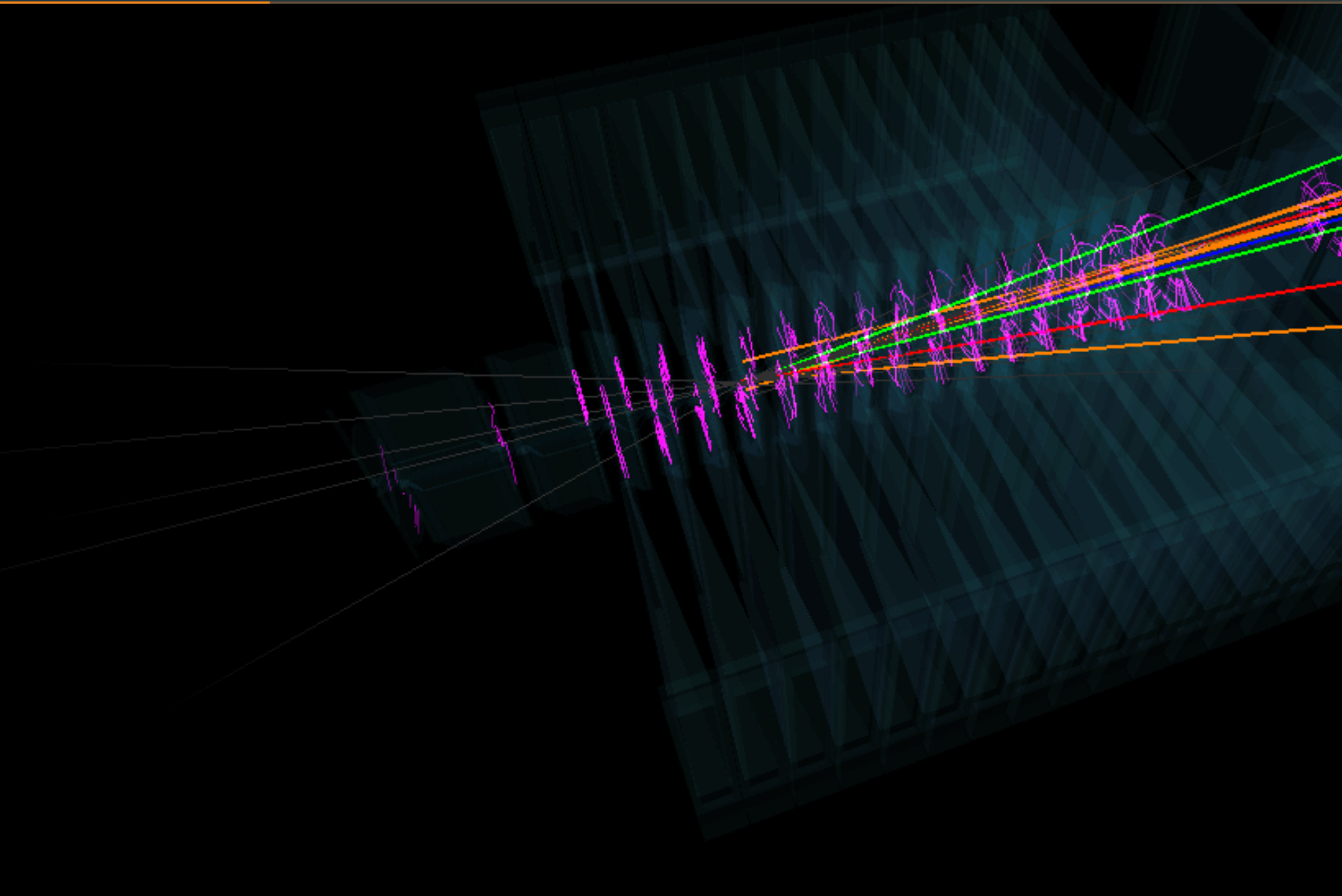

LHCb
Event 41383468
Run 153460
Wed, 03 Jun 2015 11:52:09


y
5m
Vertex
Locator
RICH1
TT
Magnet
T1
T2
T3
RICH2
SPD/PS
ECAL
HCAL
M1
M2
M3
M4
M5
5m
10m
15m
20m

Пример события



Пример события (VELO)

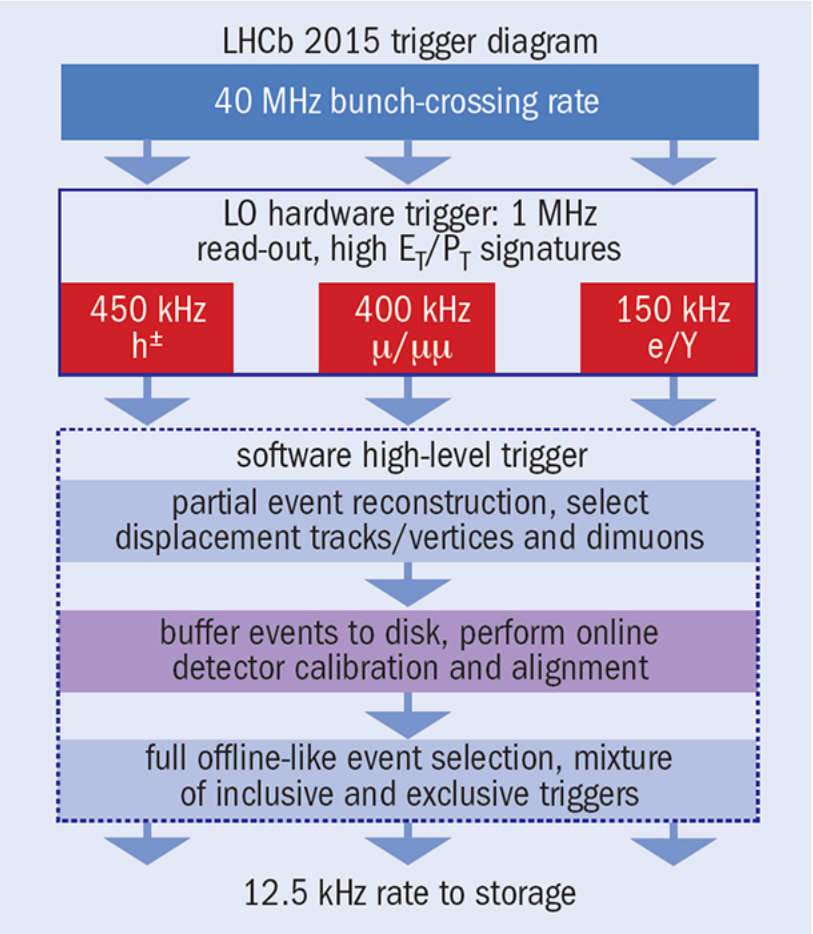


ФИЛЬТРАЦИЯ СОБЫТИЙ

Поток данных CERN LHCb

Схема обработки данных:

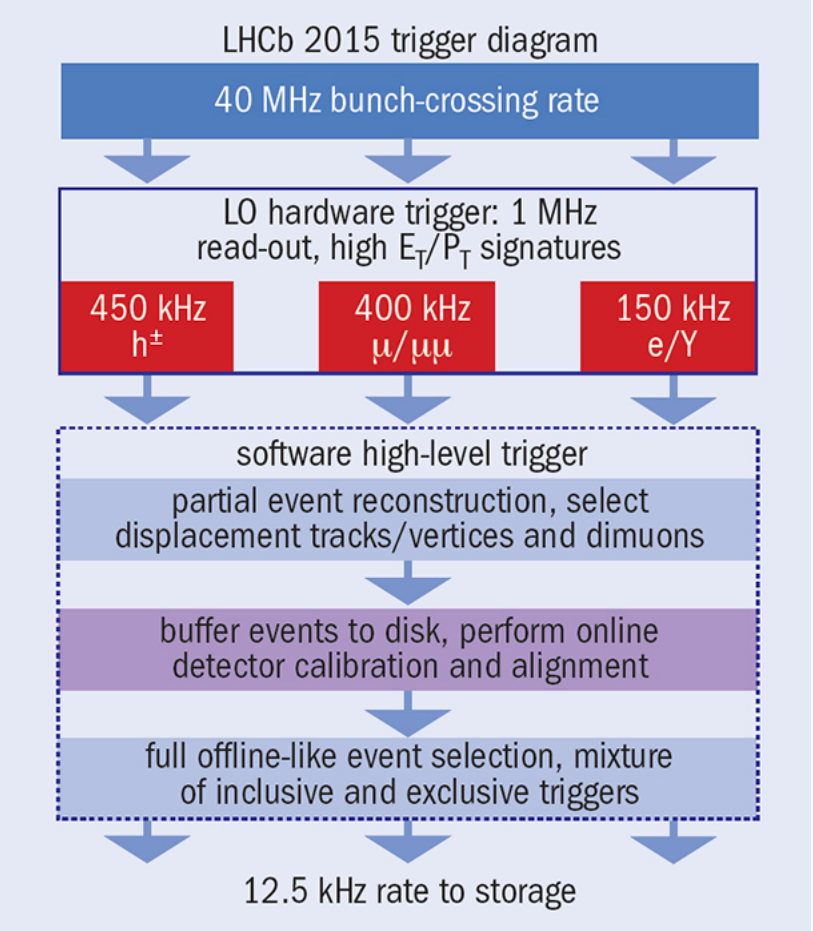
1. входной поток: 40 MHz;
2. **L0 триггер: 1 MHz**;
3. частичное восстановление события;
4. восстановление события/дерева распадов.



CERN LHCb Upgrade 2020

Планируемое увеличение светимости в 2020:

- 80% пропущенных важных событий L0;
- L0 вырождается;
- **ожидается фильтрация всего исходного потока (40 MHz)**.

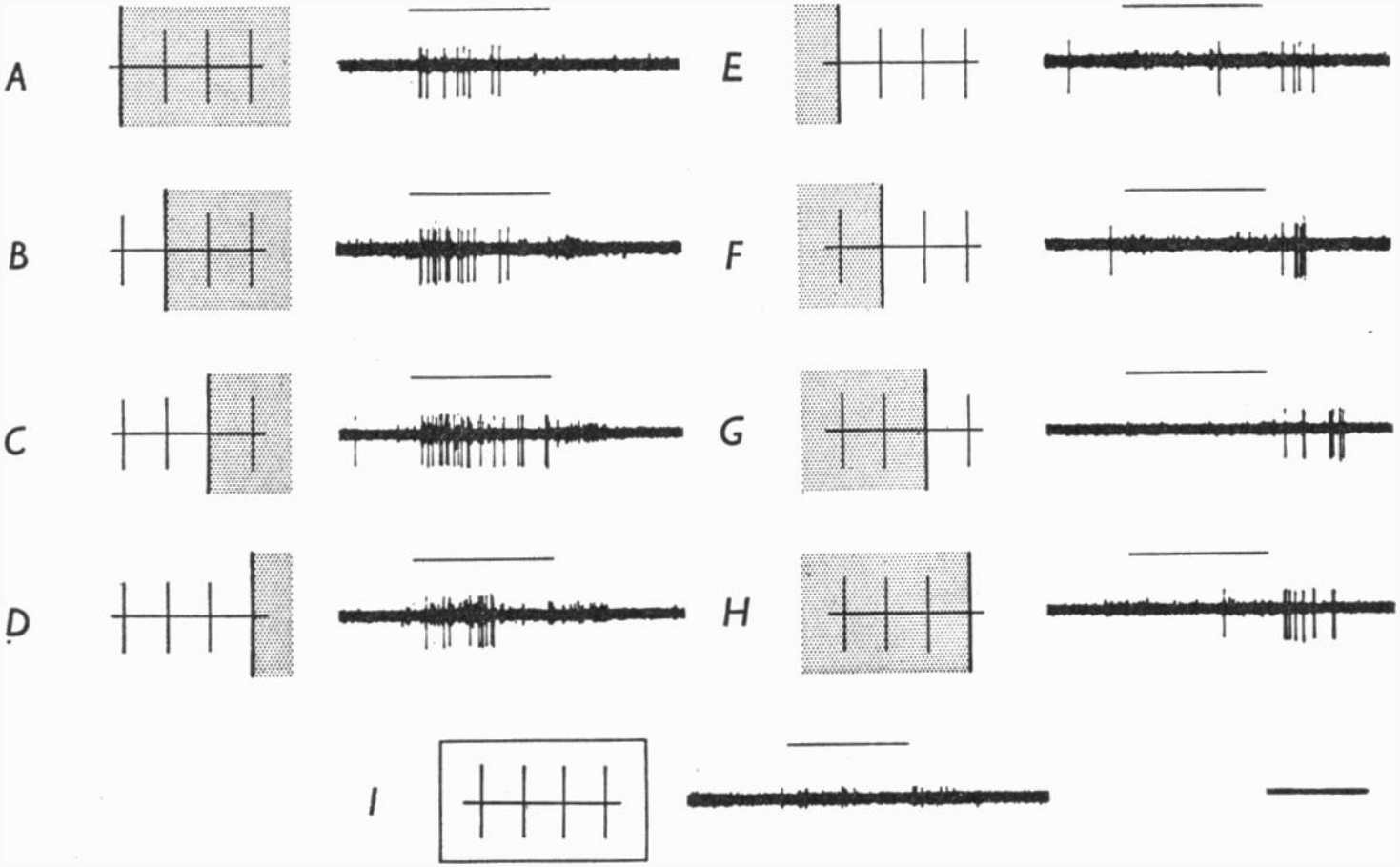


ARTIFICIAL RETINA

Происхождение

D. H. Hubel, T. N. Wiesel

Эксперименты с первичной зрительной корой кошки



Artificial Retina

Общая форма отклика Artificial Retina:

$$R(\theta) = \sum_i \exp \frac{-\rho^2(\theta, h_i)}{\sigma^2}$$

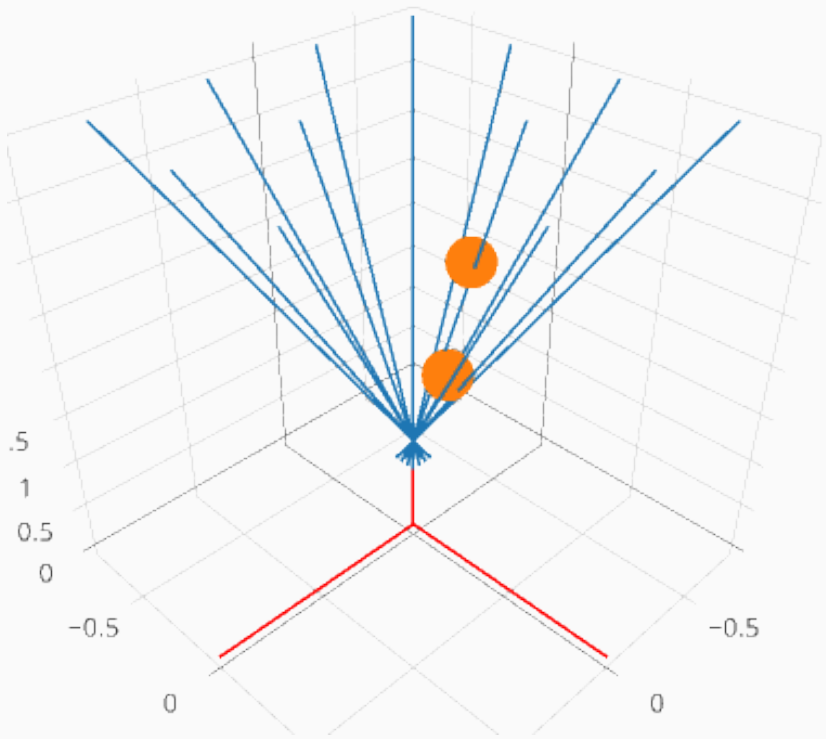
где $\rho(\theta, h_i)$ - отклонение h_i от модели, заданной θ.

Линейная Artificial Retina:

$$R(\alpha_x, \alpha_y) = \sum_i \exp \frac{-(\alpha_x z_i - x_i)^2 - (\alpha_y z_i - y_i)^2}{\sigma^2}$$

Artificial Retina как слой NN

Исходное событие:



Отклик Atrificial Retina:

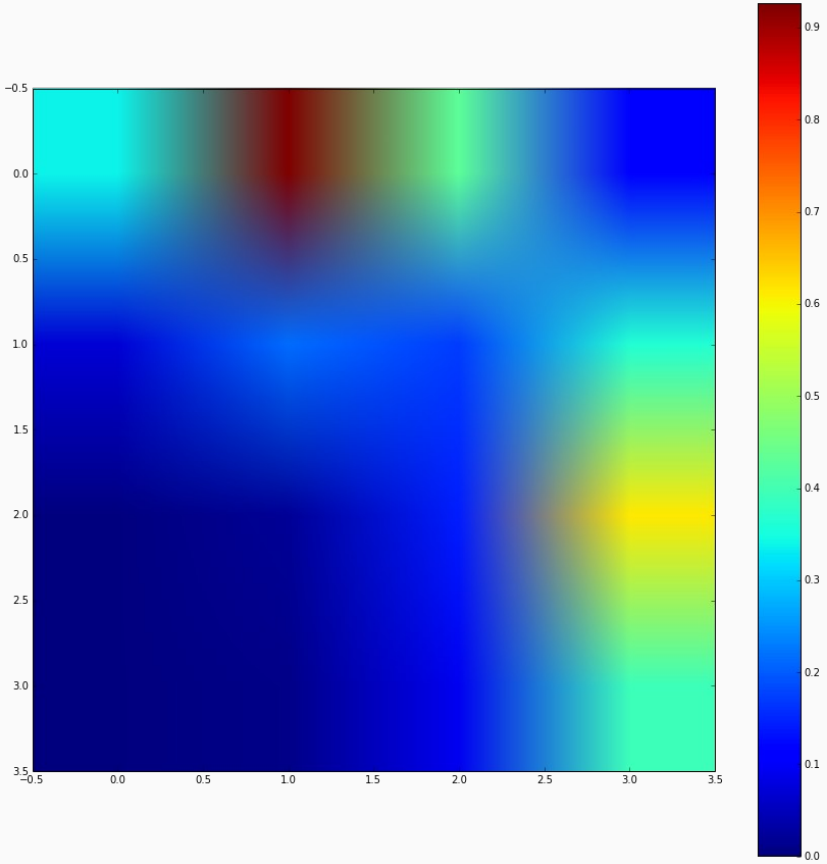
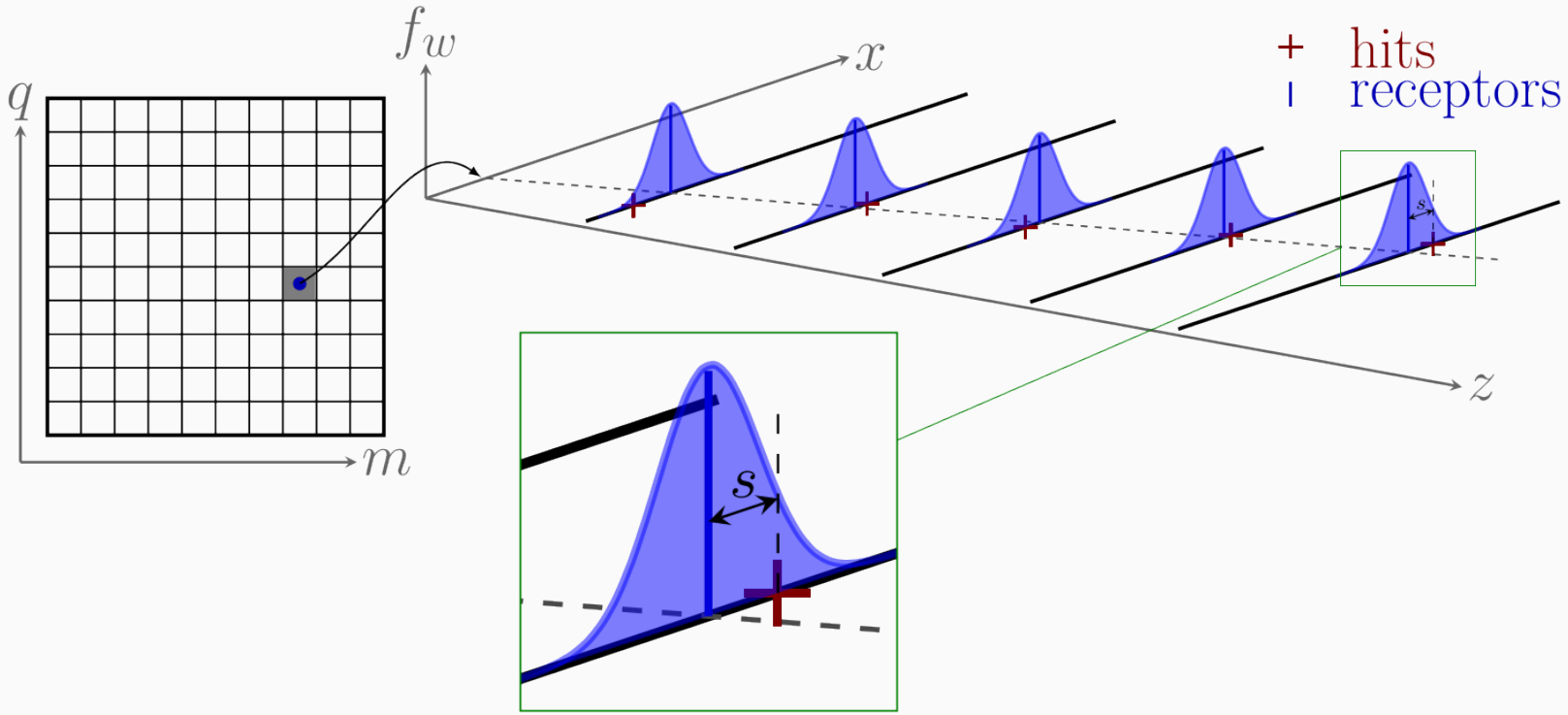
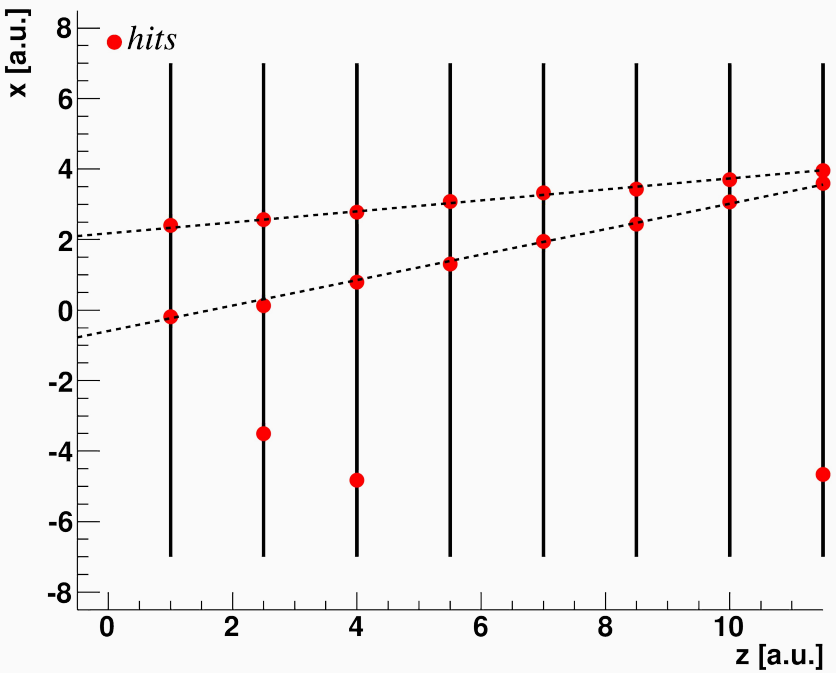


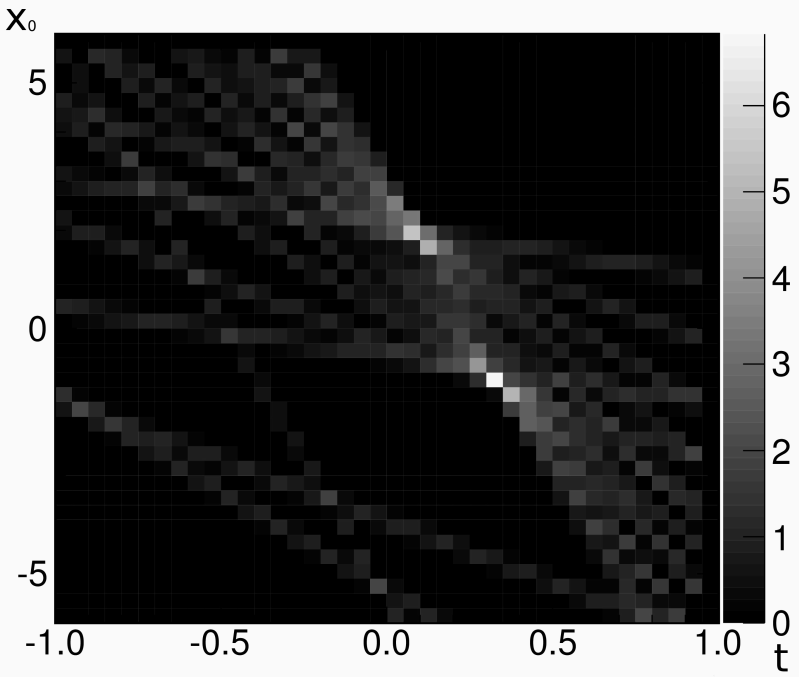
Схема работы Artificial Retina Grid

Сетка в пространсте параметров модели



Artificial Retina Grid



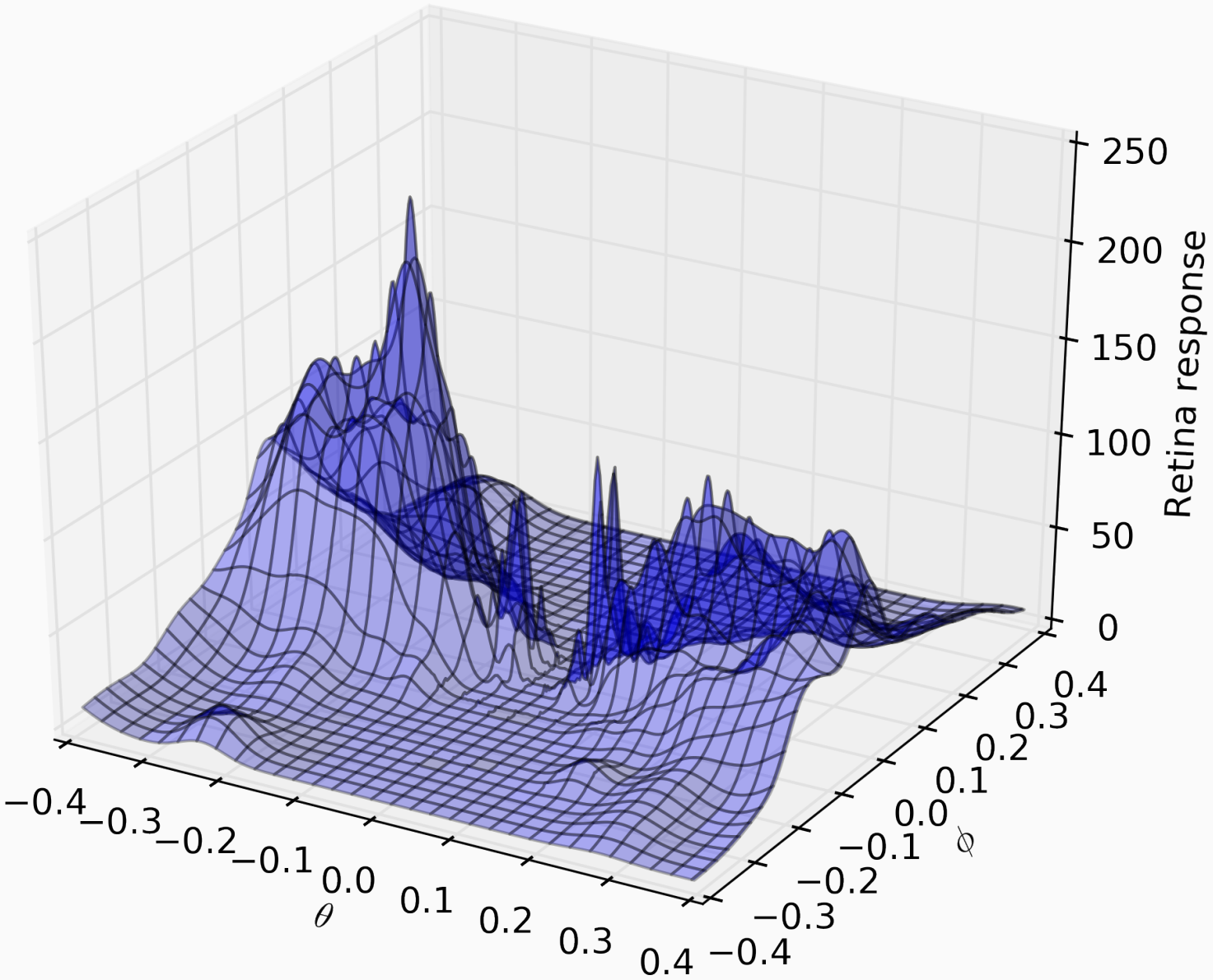


Оптимизация

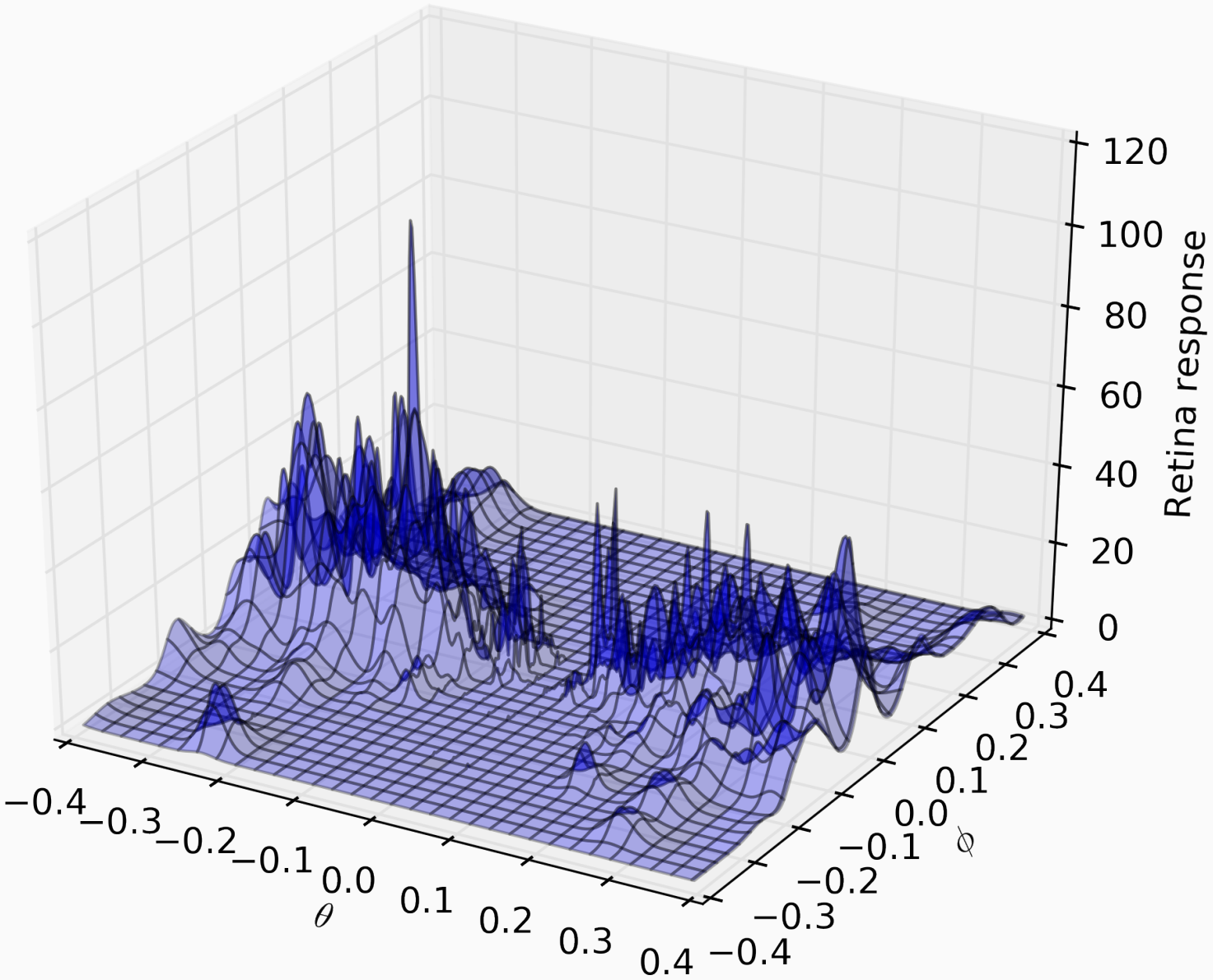
∇R и $H(R)$ вычисляются за $\approx 1.5\times$, $\approx 2\times$ от времени R:

$$\begin{aligned}\nabla R(\theta) &= -\frac{1}{\sigma^2}\sum_i \exp\frac{-\rho^2(\theta, h_i)}{\sigma^2}\rho(\theta, h_i)\nabla\rho(\theta, h_i)\\ &= -\frac{1}{\sigma^2}\sum_i R_i(\theta)\rho(\theta, h_i)\nabla\rho(\theta, h_i)\end{aligned}$$

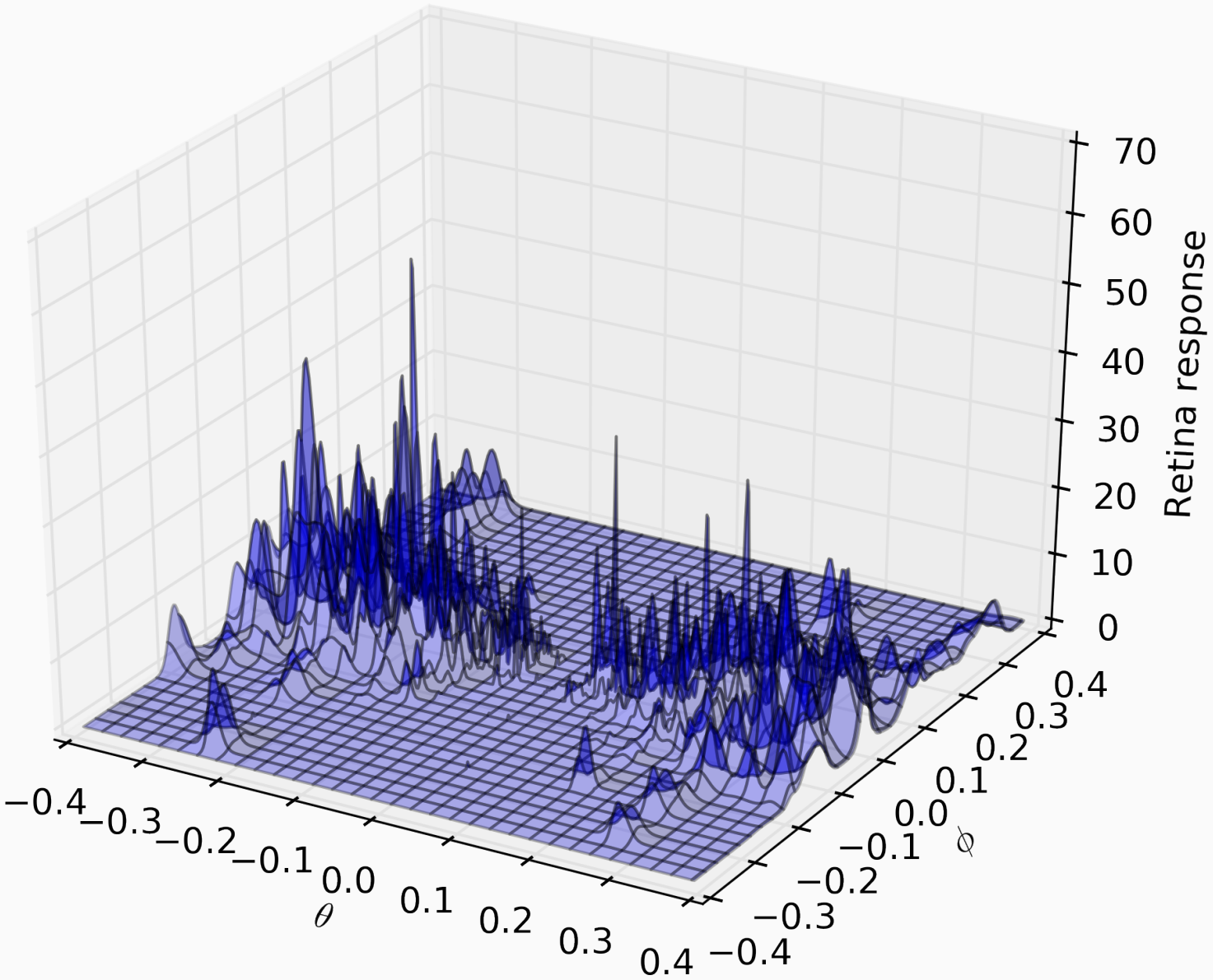
Artificial Retina ($\sigma = 5$)



Artificial Retina ($\sigma = 2.5$)



Artificial Retina ($\sigma = 1.5$)



Методы глобальной оптимизации

- **метод ‘грубой силы’ (Artificial Retina Grid)**;
- метод имитации отжига;
- эволюционные методы и методы роя;
- имитационные алгоритмы (memetic algorithms);
- **мульти-старт (Artificial Retina Optimization)**;

Результаты мульти-старта

Синтетические данные: 100 частиц;

Мульти-старт:

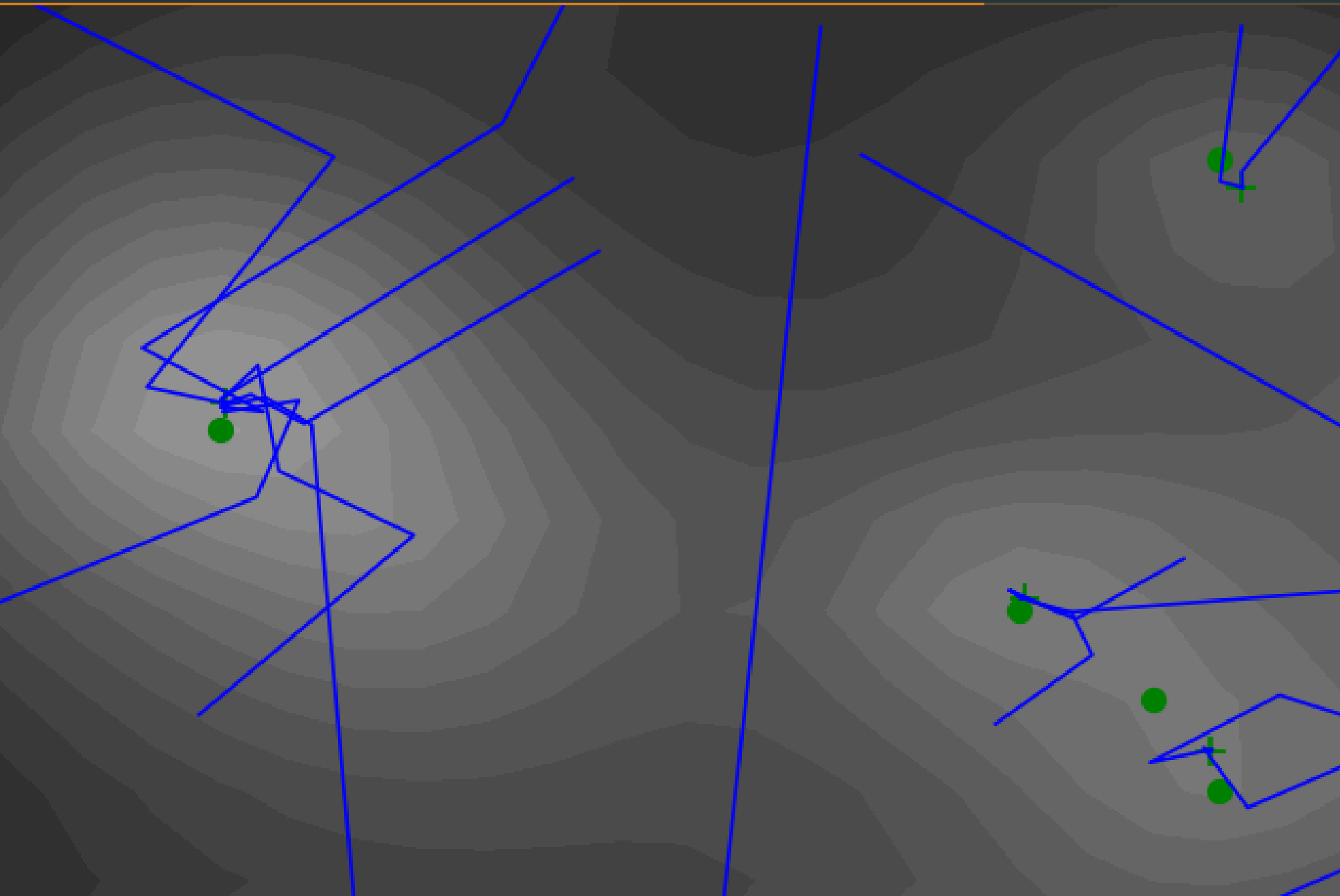
- 300 x 3 вызовов[1]:
  precision: 1.0;
  recall: 0.8.
- **500 x 3** вызовов[1]:
  precision: 1.0;
  recall: $>$ 0.98.

Метод ‘грубой силы’:

- **100 x 100** вызовов;

[1] Результаты precision и recall даны относительно метода ‘грубой силы’.

Результаты



Результаты

Плюсы

- ускорение от 6 раз;
- высокая скорость сходимости (методы второго порядка);
- варьируемая точность/скорость.

Минусы

- высокое время отклика (3 – 5 раз выше);
- стохастическая природа.

Планы

Мульти-старт

- стабилизация: мульти-старт внутри области;
- тест на данных Монте-Карло;
- нелинейная модель траектории (размерность 5);

Другие методы

- имитация отжига;
- memetic algorithms:
  - имитация отжига + метод второго порядка;
  - генетический алгоритм + метод второго порядка;
  - методы роя + метод второго порядка.

ARTIFICIAL RETINA КАК СЛОЙ NN

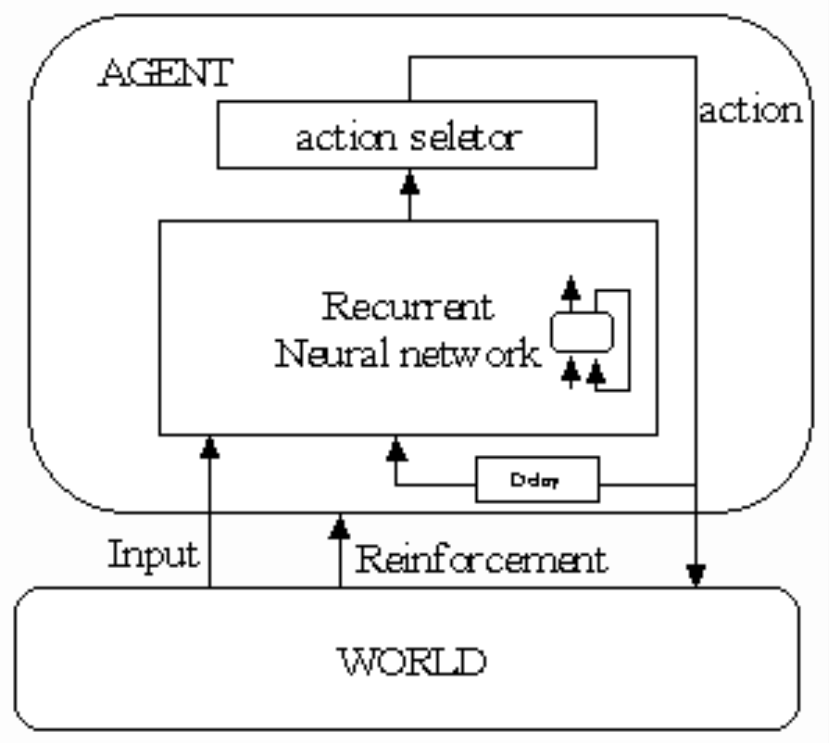
Artificial Retina как слой NN

Задача

Поиск распада частиц определеного типа.

Модель

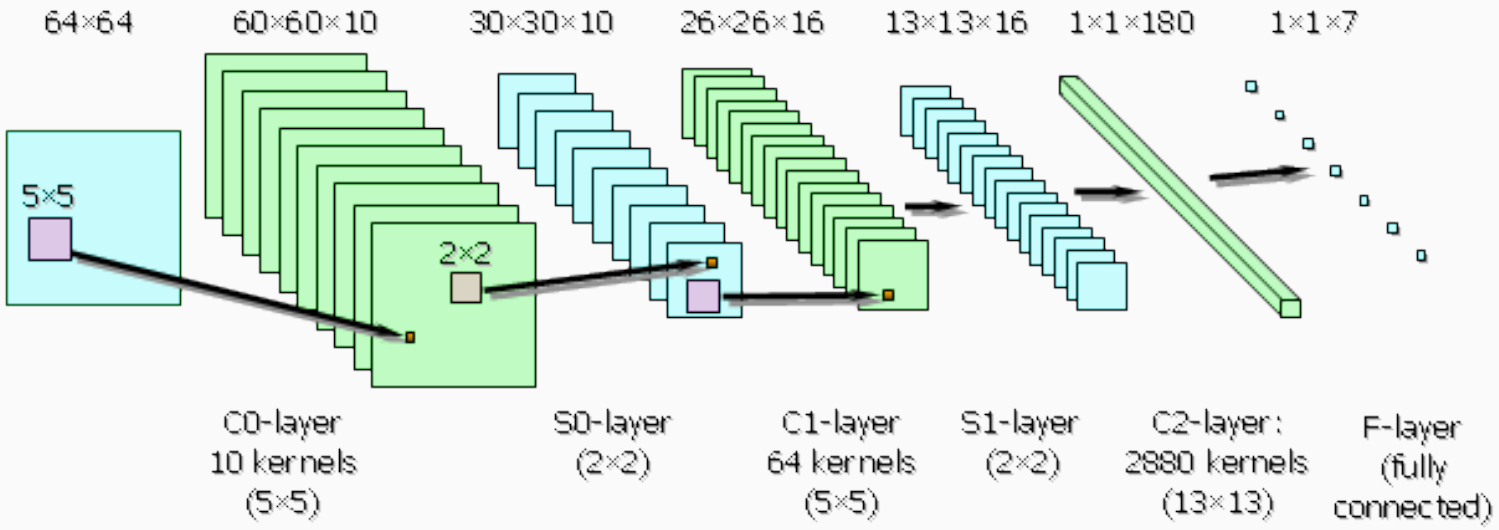
Partial Observable Markov Decision Process с рекуррентной нейроной сетью.



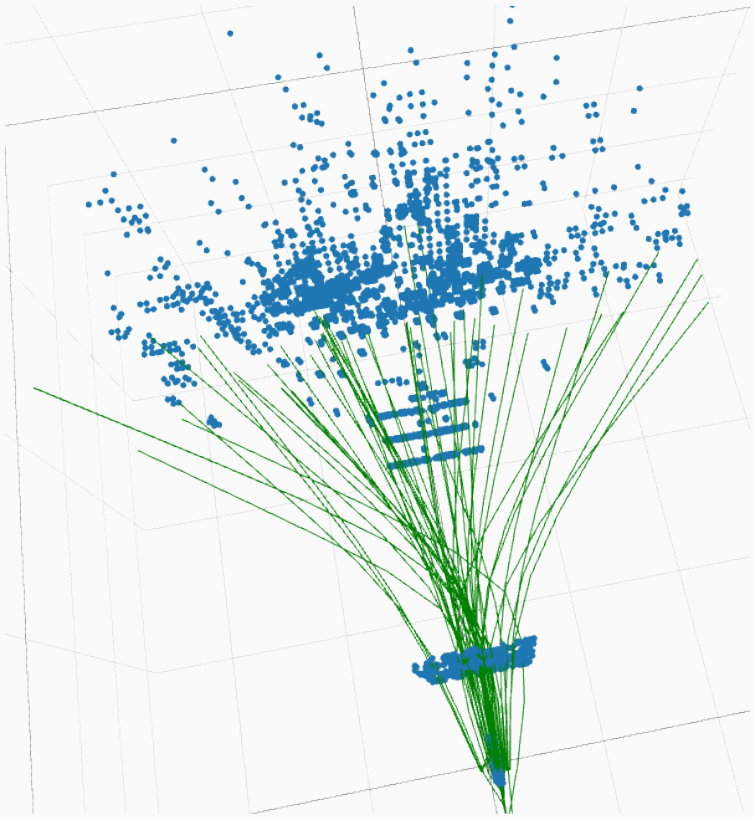
Artificial Retina как слой NN

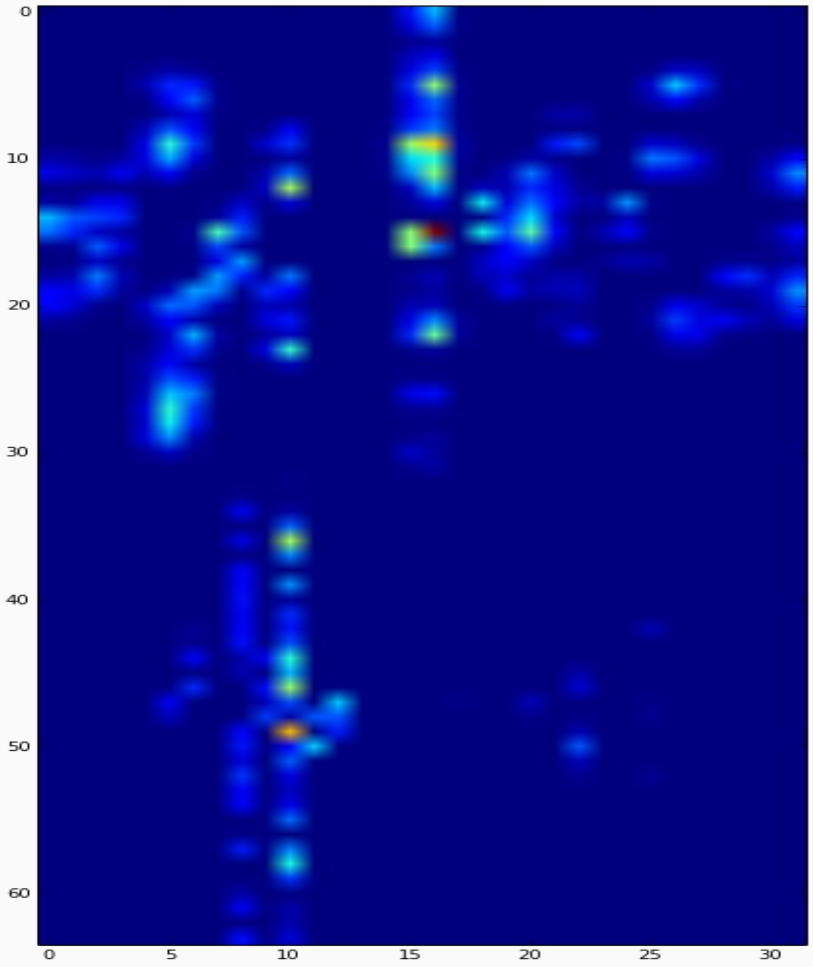
Модель:

- набор точек на вход;
- преобразование Artificial Retina с центром (x, y, z);
- рекуррентная нейронная сеть;
- новый центр (x', y', z') Artificial Retina.



Artificial Retina как слой NN





ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выводы

- увеличение светимости в CERN LHCb;
- Artificial Retina:
  - низкое время отклика;
  - высокая эффективность;
- Artificial Retina Optimization:
  - экономия вычислительных ресурсов ($6\times$);
  - точность;
  - большой потенциал для дальнейших исследований;
- Artificial Retina как представление набора точек;
- Artificial Retina как слой нейронной сети.