

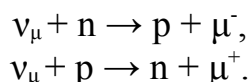
НОВЫЕ МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ДАННЫХ ГЛУБОКОВОДНОГО НЕЙТРИННОГО ТЕЛЕСКОПА АНТАРЕС

Е.С. Грачева

Физический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова

E-mail: pustota05@gmail.com

Глубоководный телескоп АНТАРЕС является установкой по регистрации нейтрино высоких энергий (>100 ГэВ). Эти частицы являются наиболее полноценными носителями информации об удалённых участках Вселенной поскольку, в отличие от заряженных частиц и фотонов, не отклоняются от первоначальной траектории в магнитных полях и практически не взаимодействуют с веществом. Однако, по причине крайне малых сечений взаимодействия затруднена экспериментальная регистрация нейтрино, т.к. необходимо иметь детектор очень большого объёма. Эта проблема нашла решение в использовании в качестве активного вещества детектора морскую воду: регистрация нейтрино происходит по черенковскому свету вторичного заряженного мюона, образуемого в ходе реакции нейтрино с нуклонами ядер вещества Земли, имеющего то же направление, что и первоначальный нейтрино:



АНТАРЕС расположен в Средиземном море; он представляет из себя 12 вертикальных линий с 75 фотоумножителями (ФЭУ) на каждой, закрепленных на глубине 2475 м, а также одну дополнительную, короткую линию с различным оборудованием для анализа среды. Толща воды над детектором защищает его от потоков атмосферных мюонов. Однако, она же содержит миллионы биолюминесцентных микроорганизмов, излучающих в том же световом диапазоне, что и мюоны, причём этот шум имеет нестабильный характер, что мешает анализу данных.

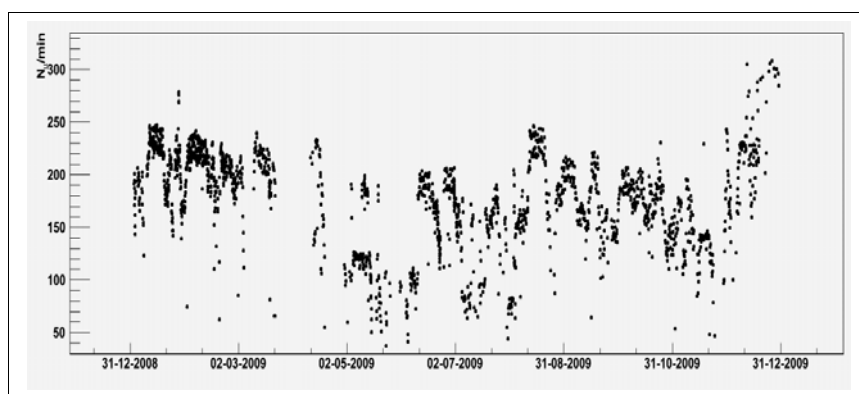


Рис. 1. График числа зарегистрированных мюонных событий в минуту от даты за 2009 г.

Все данные с детектора группируются в так называемые раны — файлы, содержащие в себе исчерпывающую информацию о состоянии детектора в течение некоторого промежутка времени. Задачей данной работы подготовка этих ранов к дальнейшему физическому анализу путём избавления от непригодных ранов.

На рис. 1 приведен график числа зарегистрированных мюонных событий в минуту от даты для всех ранов, хотя теоретически для идеального детектора в идеальных окружающих условиях это значение должно быть стабильно во времени.

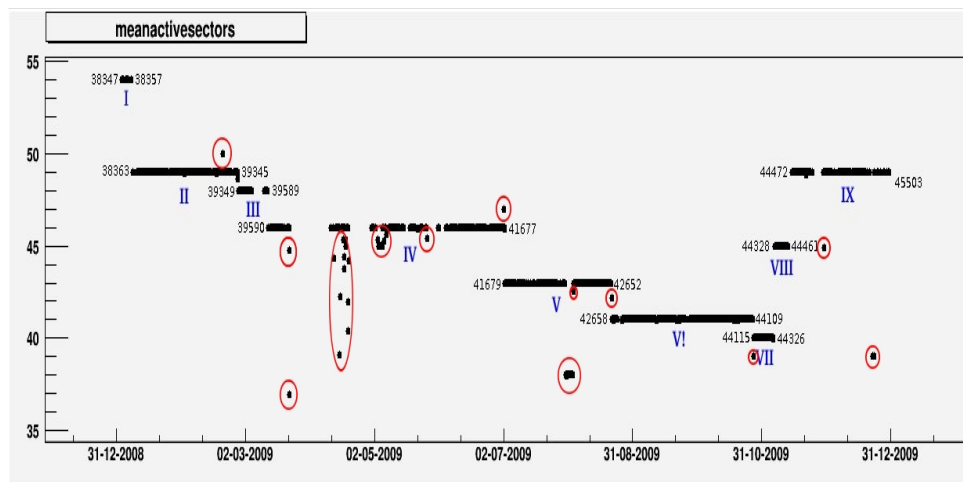


Рис. 2. График среднего числа активных секторов в зависимости от даты.

На самом деле ситуация далека от идеальной вследствие различных независимых факторов, от биолюминесценции до работы электроники, поэтому сложно сказать, какие раны являются корректными на это картине, а какие следует исключить при анализе данных.

На рис. 2 приведено изменение среднего числа активных секторов с течением времени. Сектор — совокупность из пяти соседних этажей одной линии детектора, термин «активный» означает, что был зарегистрирован как минимум один сигнал с любого ФЭУ, принадлежащего этому сектору.

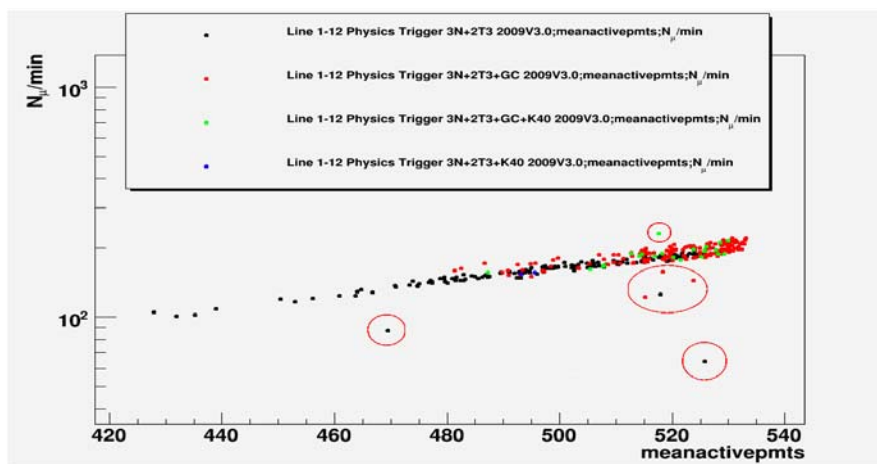


Рис. 3. График зависимости числа регистрируемых мюонных событий в минуту от среднего числа активных ФЭУ детектора на примере группы II.

Римскими цифрами отмечены группы, на которые были разбиты все данные. Внутри каждой группы можно построить график числа регистрируемых внутри каждого рана мюонных событий в минуту от среднего числа активных ФЭУ (рис. 3). Видно, что в логарифмическом масштабе этот график представляет из себя прямую с небольшим числом точек, в общую группу не попадающих (обведены красным). Собственно, это и есть те раны, от которых следует избавиться.

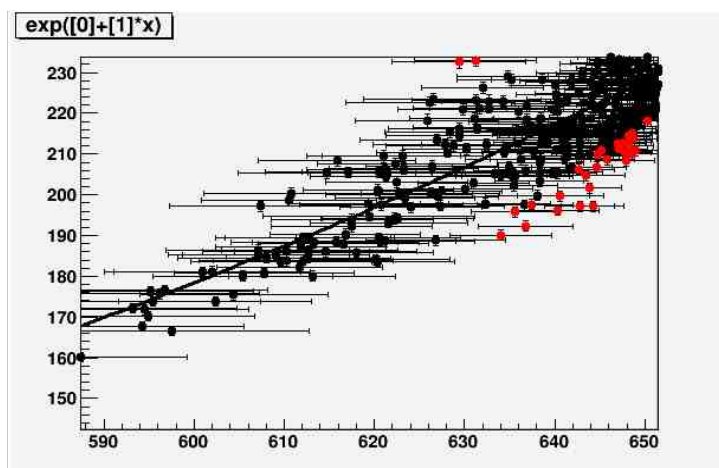


Рис. 4. Демонстрация аппроксимации графика зависимости регистрируемых в минуту мюонных событий от среднего числа активных ФЭУ прямой линией. Красными помечены точки, не задевающие эту прямую с учётом погрешностей.

Самым логичным способом сделать это кажется профитировать имеющуюся картину прямой линией и отбросить все точки, которые с учётом погрешности её не касаются. Однако, как видно из рис. 4, этот метод приводит к тому, что пострадает слишком большое число качественных ранов.

Вторым предположением стало то, что точки обведённые красным на рис. 1 и 3 — одни и те же, т. е. вычислив номера ранов, для которых наблюдается большое отклонение среднего числа активных секторов, и убрав их номера из списков, будет достигнут желаемый результат. Но эта идея не сработала для III набора данных, в котором после обработки осталась одна точка (рис. 5). Таким образом был забракован ещё один путь к очистке данных.

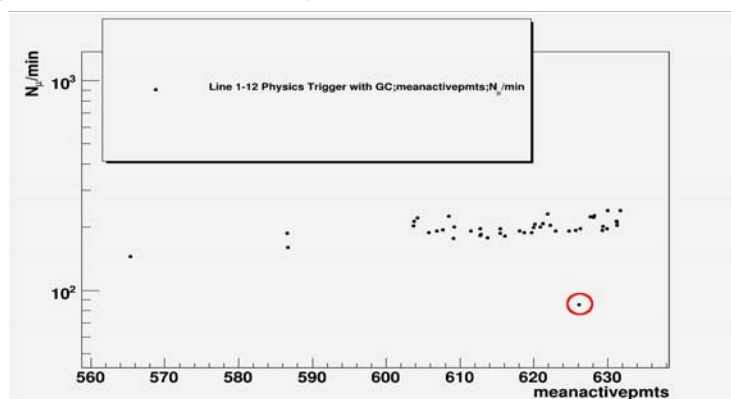


Рис. 5. График регистрируемых мюонных событий в минуту в зависимости от среднего числа активных ФЭУ для III набора после фильтрации по параметру среднего числа активных секторов.

В итоге было решено исключать раны, которые соответствуют точкам, находящимся слишком далеко от прямой аппроксимации, причем оценить оптимальное расстояние можно следующим образом: после разбиения всех данных на группы и подгруппы (о последних будет сказано ниже), для каждой из них строится распределение числа точек в зависимости от их расстояния до прямой. Затем все эти графики суммируются в одних осях и аппроксимируются кривой Гаусса (рис. 6). Найденный параметр сигма для этой кривой умноженный на три и даст оптимальное значение расстояния. Все точки, находящиеся дальше от кривой, будут помещены в список некорректных ранов.

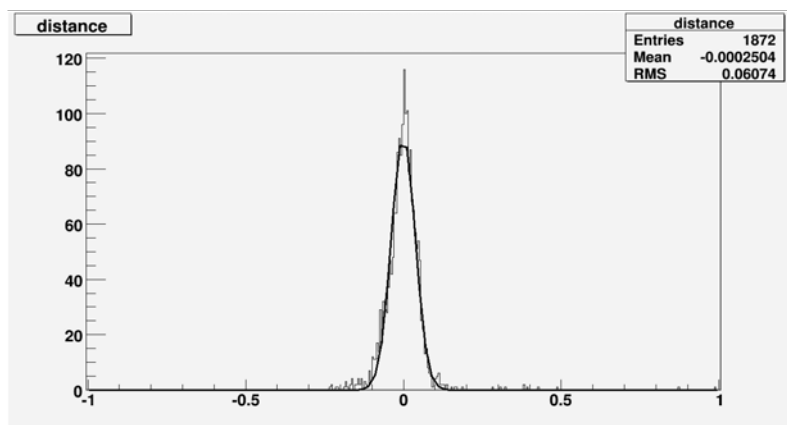


Рис. 6. Распределение ранов, находящихся на различных расстояниях до прямой аппроксимации, графика регистрируемых мюонных событий в минуту от среднего числа активных ФЭУ.

Неодинаковая во времени работа детектора связана не только с тем фактом, что у него меняется конфигурация (число работающих ФЭУ, секторов, целых линий). Следующим по важности фактором является использование разнообразных триггеров. Различные триггеры имеют различную эффективность, что приводит к картинам, подобным той, что изображена на рис. 7. Необходимо разделять ветви с разной эффективностью на подгруппы, чтобы аппроксимация оставалась адекватной.

Также можно столкнуться с ситуацией, когда единственный триггер даёт множественность линий. Это объясняется тем, что во время работы конкретного триггера проводились калибровки (вызванные, например, тем, что перед началом его работы была подключена отремонтированная линия). Такие мультилинии разделяются по времени на линию до калибровки и после, граница при этом искалась в данной работе вручную.

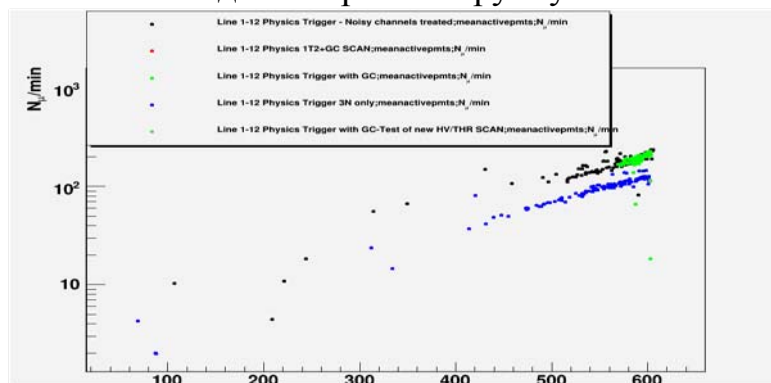


Рис. 7. График числа регистрируемых мюонных событий в минуту в зависимости от среднего числа активных ФЭУ, пример множественности линий.

В результате проведённого анализа было исключено 3,1% ранов, эффективность детектора в 2009 году равна 98,1%; также обработаны данные 2008 года. Все данные были расположены в базах данных для общего использования.