

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО  
ОБРАЗОВАНИЯ  
«Национальный исследовательский ядерный университет  
“МИФИ”»  
(НИЯУ МИФИ)

**ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ ПО КУРСУ “НАУЧНАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ”**

«Визуализация данных сечения взаимодействия поляризованных пучка и мишени в эксперименте по изучению временной инвариантности TRIC.»

Аспирант	А.Е. Аксентьев
Направление	03.06.01 Физика и астрономия
Научная специальность	01.04.20 Физика пучков заряженных частиц и ускорительная техника

Преподаватель	
ФИО, степень, звание	В.В. Пилюгин, к.т.н, доц.

Дата защиты:  
Результат защиты:

Москва 2018

# СОДЕРЖАНИЕ

1	Задание исходных данных	1
2	Фильтрация	1
3	Мэппинг и Рендеринг	3
4	Выводы	4

## 1 Задание исходных данных

В работе изучалось полное сечение взаимодействия поляризованного протонного пучка и поляризованной дейтериевой мишени. В качестве исходных данных использовались измерения полного тока пучка, представленные на рисунке 1, которые затем статистически обрабатывались (путём линейной регрессии логарифма тока) для получения оценки сечения взаимодействия, 2.

Принимая за модель спада тока пучка выражение

$$I_t = I_0 \cdot e^{-\nu\sigma_0\Theta \cdot t} \equiv I_0 \cdot e^{\beta \cdot t},$$

где  $\nu$  — частота оборота пучка в ускорителе,  $\Theta$  — толщина мишени,  $\sigma_0$  — искомое сечение взаимодействия,  $\sigma_0$  можно оценить профитировав логарифм тока, принимая оценку угла наклона прямой  $\hat{\beta} = -\nu\Theta \cdot \hat{\sigma}_0$ . ( $\nu$  — известная величина, задаваемая энергией пучка,  $\Theta$  оценивается отдельно.)

## 2 Фильтрация

Полученные значения  $\hat{\beta}$  подвергались тесту диапазона Туки [1]; оценки сечения, основанные на аномальных по тесту Туки  $\hat{\beta}$ , были отнесены к категории *Unsound*. Также, оценки классифицировались по критерию близости друг к другу  $\hat{\beta}$ , на основании которых они вычислялись (данная классификация отражает озабоченность нестабильностью условий в ускорителе). Оценки сечений взаимодействия по всем классификационным группам сведены в таблице 1. Оценки из категории *Unsound* не участвуют в конечном представлении данных.

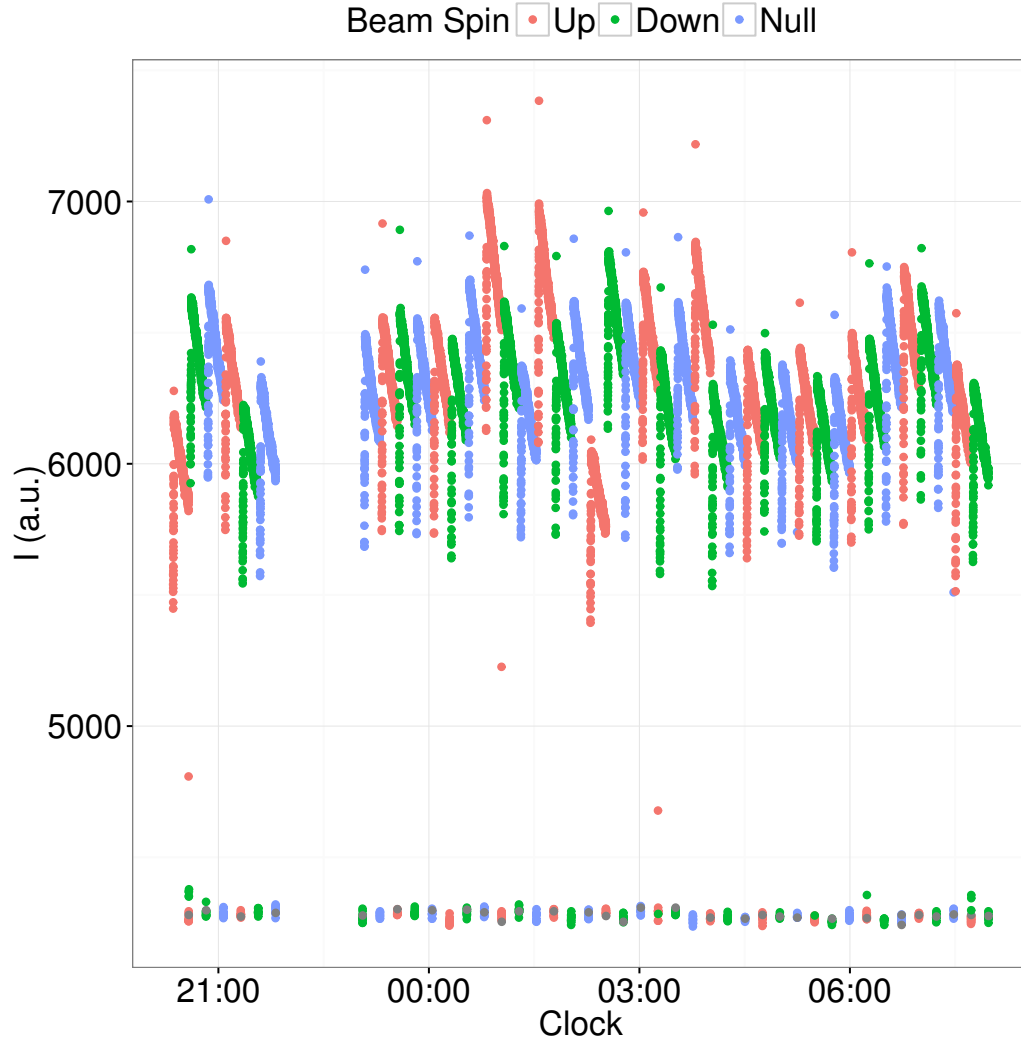


Рис. 1: Циклы окрашены в соответствии с состоянием поляризации пучка. До 22:30 спин мишени находится в состоянии 3, после — в состоянии 1.

Таблица 1: Некоторые статистики данных по сечению взаимодействия.

Sound	Close	#	Mean <sup>a</sup> (a.u.)	SE <sup>b</sup> (a.u.)	$\chi^2_{red}$	SE <sup>c</sup> (a.u.)	Mode <sup>d</sup> (a.u.)
Yes	Yes	21	366	73	6.5	178	386
	No	111	397	30	7.0	80	403
	All	132	393	28	6.9	73	400
No	Yes	2	1469	22	0.1	5	1467
	No	10	1440	83	4.2	169	1429
	All	12	1444	69	3.4	127	1435

<sup>a</sup> Средне-взвешенное.

<sup>b</sup> Стандартно отклонение делёное на корень из размера выборки.

<sup>c</sup> С коррекцией по дисперсии через  $\chi^2_{red}$ .

<sup>d</sup> Наиболее часто встречающееся значение.

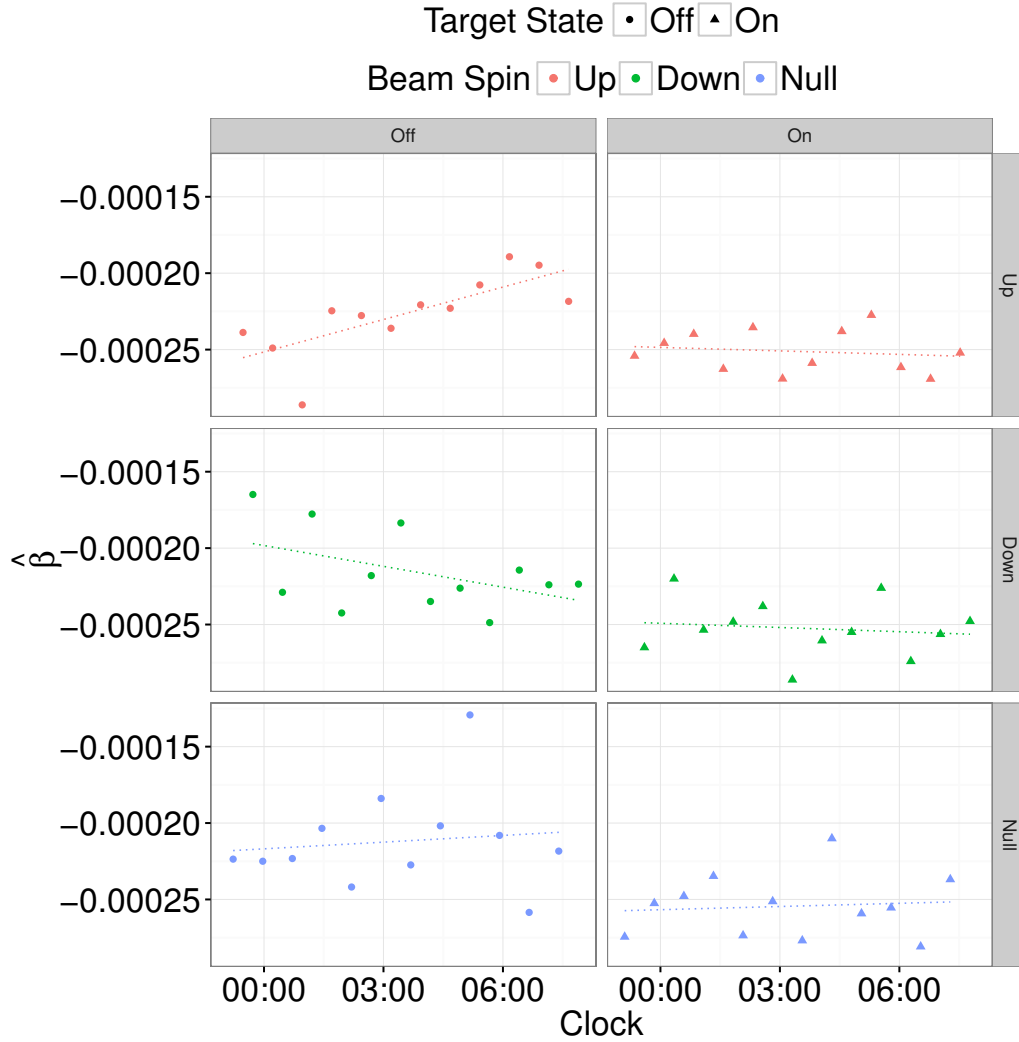


Рис. 2: Оценки сечения взаимодействия при спиновом состоянии мишени 1.

### 3 Мэппинг и Рендеринг

Для визуализации данных используются 2-D графики оценки плотности распределения сечения. Плотность распределения представлена окрашенной гладкой линией, функция  $y = f(x)$  которой вычисляется некоторым статистическим алгоритмом [2]. Цвета линий определяются принадлежностью данных категориям *Close/Far*.

Рисунок графика плотности распределения сечения взаимодействия был выполнен с использованием визуализационного пакета GGPlot2 [3] (имплементации Хэдли Уикэмом *Grammar of Graphics* Лиленда Уилкинсона) для статистического языка программирования R. [4] Результат представлен на рисунке 3.

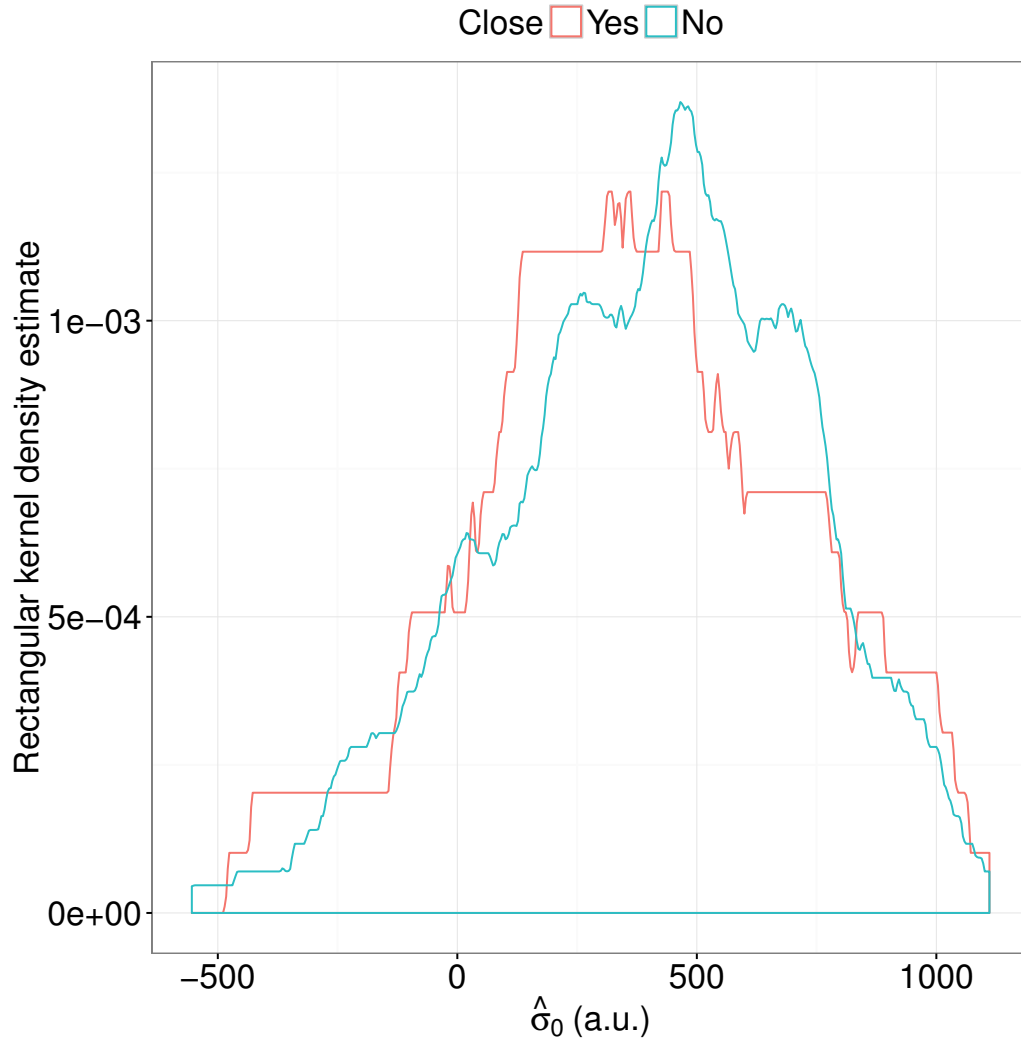


Рис. 3: Оценка плотности распределения сечения взаимодействия.

## 4 Выводы

В процессе анализа и визуализации данных были обнаружены возможные систематические эффекты, влияющие на конечный результат; конкретнее, вероятность того, что изменение режима работы вакуумной системы во время эксперимента имеет достаточное влияние на данные по току пучка, что линейная регрессия не является применимым средством анализа (см рис. 4).

Также, была обнаружена значительная автокорреляция (на уровне 60%) отклонений предсказанных моделью значений логарифма тока от измеренных данных (см. рис. 5), что может свидетельствовать об обратной связи между током пучка и трансформатором тока, которым измеряется этот ток.

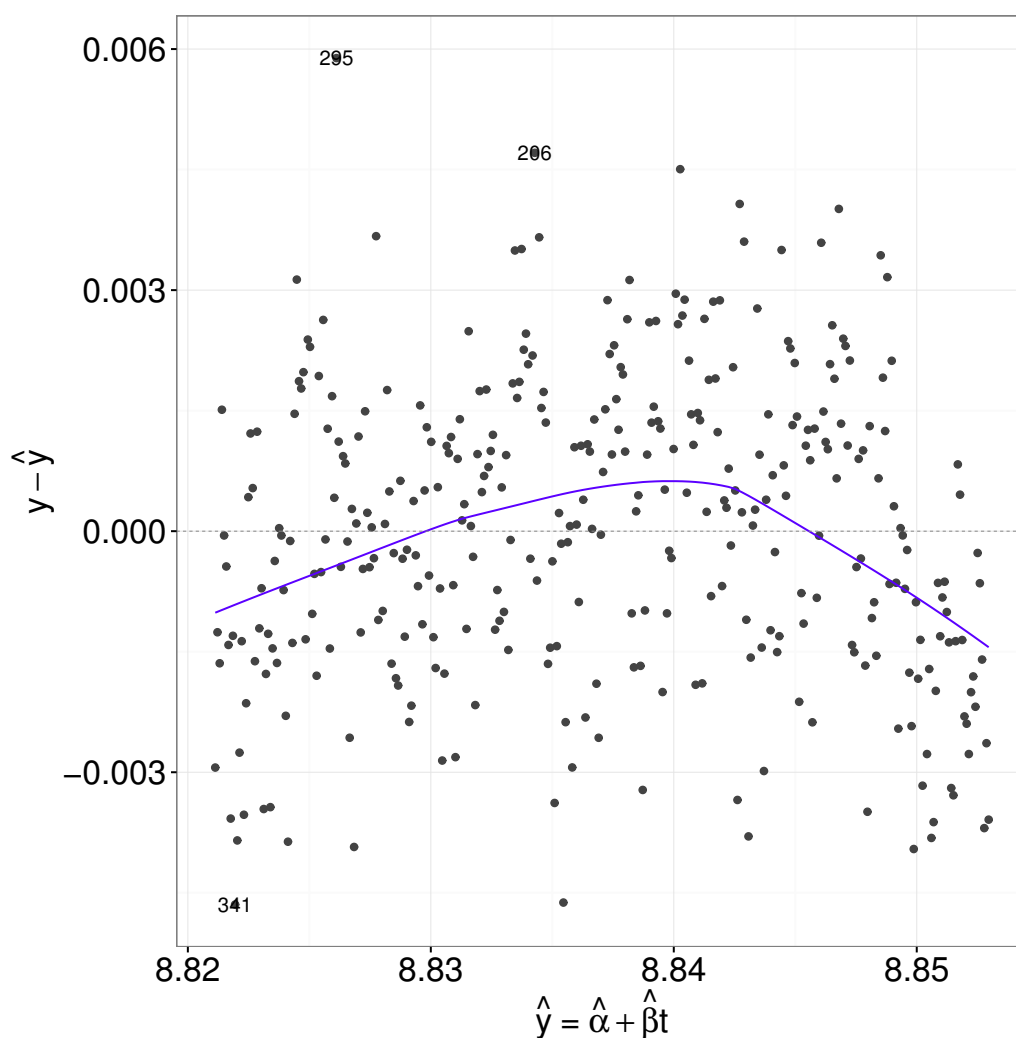


Рис. 4: График отклонений линейной модели в зависимости от предсказанных моделью значений логарифма тока. U-образная форма говорит о несоответствии линейной модели логарифма тока данным.

## Список литературы

- [1] Описание теста Туки. <https://www.itl.nist.gov/div898/handbook/prc/section4/prc471.htm>
- [2] Эмпирическая оценка плотности распределения данных. <http://users.stat.umn.edu/~helwig/notes/den-Notes.pdf>
- [3] GGPlot2 на CRAN. <https://cran.r-project.org/web/packages/ggplot2/index.html>
- [4] GGPlot2 статья на википедии. <https://en.wikipedia.org/wiki/Ggplot2>

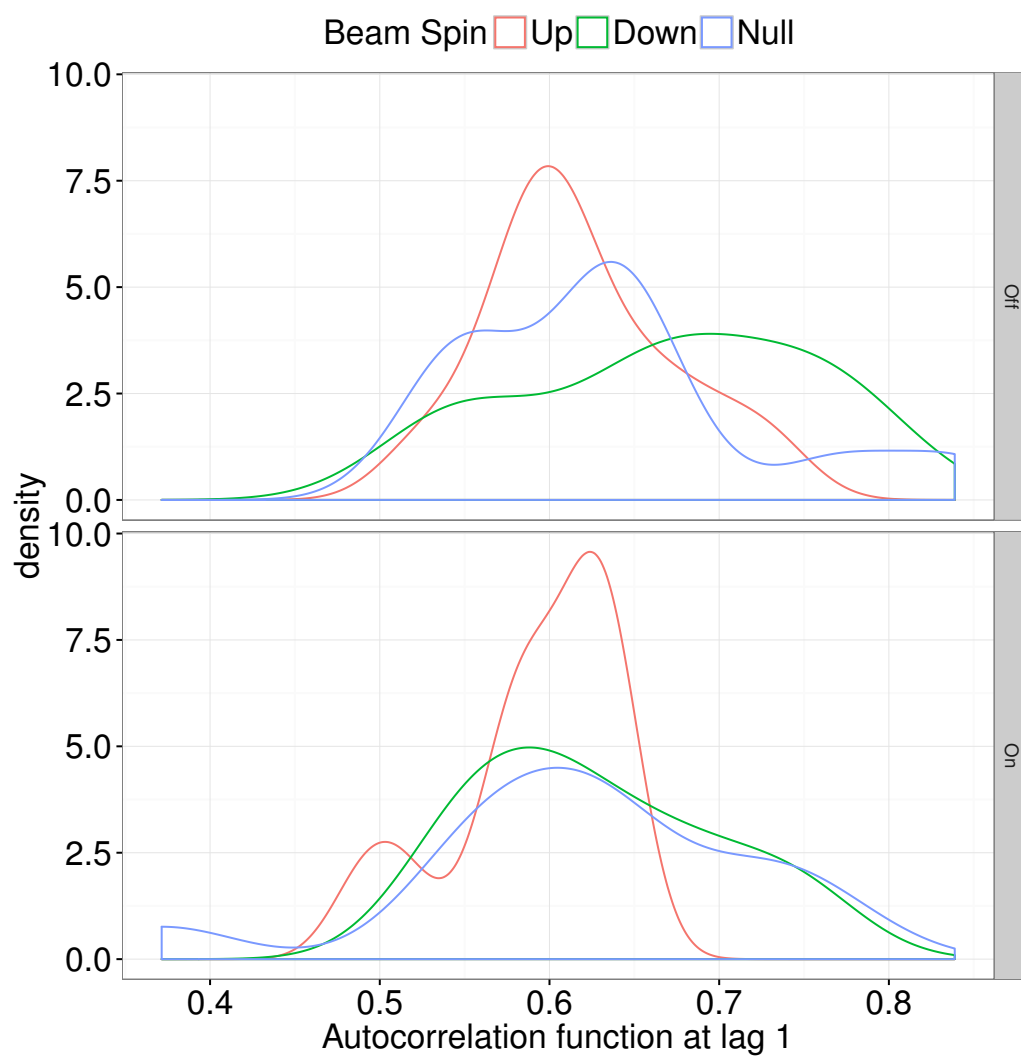


Рис. 5: Распределение автокорреляционной функции отклонений модели на шаге 1. В примерно 60% данных наблюдается корреляция между соседними измерениями тока пучка.