

В жюри конкурса ОИЯИ

Лаборатория физики высоких энергий имени В.И. Векслера и А.М. Балдина представляет на конкурс завершенных научно-методических работ ОИЯИ за 2018 год цикл работ под названием

'Пакет программ минимизации FUMILIM'
авторов: И.М. Ситник(ЛФВЭ)

Настоящий пакет программ является данью памяти выдающемуся математику, профессору **Игорю Николаевичу Силину**.

Публикации:

1. I.M. Sitnik, "Modification of the FUMILI Minimization Package preprint JINR E11-2008-43, Dubna
2. I.M. Sitnik, "Modification of the FUMILI Minimization Package-2 preprint JINR E11-2010-101, Dubna
3. I.M.Sitnik, "Development of the FUMILI Minimization Package Computer Physics Communications, 185(10) 2800 (2014)
4. I.M.Sitnik, "The new version of the FUMILIM Minimization Package Computer Physics Communications, v.209 p.199 (2016)

Представляемый цикл работ выполнен в соответствии с темами 03-0-0941-91/2009, 02-1-1097-2010/2012, 1097 проблемно-тематического плана ОИЯИ.

При создании пакета ставилась цель обеспечить широкие возможности и комфорт для работы с конечными экспериментальными точками (для журнала) и большую скорость вычислений для работы с первичными массивами экспериментальных данных.

На премию выдвигаются:

1. Уникальная возможность работы с мульти-наборными задачами с большим числом параметров.

Все чаще в современном мире встречаются огромные множества экспериментальных точек, разделенные на подмножества (такое может быть и с первичными данными ([1, 2]) и с конечными ([4]). Каждое подмножество описывается функцией, зависящей от глобальных параметров (общие для всего множества) и локальных (для каждого подмножества свой набор).

Таковыми задачами оказались настройка оффсетов дрейфовых трубок[1] (144 параметра, 325 подмножеств, 137000 эксп. точек, выдача дана в файле "stroffset.txt"), а также внешние физические задачи, в частности, задача со спутниками на орбите Меркурия [2] (Премия Ломоносова 1-й степени за 2011-й год, есть ссылка и благодарность, пример выдачи для новых данных [3] приложен в файле "res0028-0085.txt"). Число параметров в этой задаче $np = 6 + 7 \cdot nv$,

где nv – число заказанных витков, в каждом витке примерно 1000 эксп. точек. Задача [4] имеет 108 параметров, 90 подмножеств.

На этапе самонастройки программы фита создается таблица, с помощью которой далее для каждого подмножества производные вычисляются только для тех параметров, которые не дадут в итоге 0 (взятие производных в среднем составляет 90% времени счета). Фактор ускорения за счет такого приема при обработке 60-ти витков спутника составил $\simeq 90$ (ключая фактор 3 за счет сервиса с векторной функцией). Затраты времени на полную обработку (4000 витков) для компьютера с частотой 2.5 ГГц оценен в $\simeq 40$ часов. Таким образом, задача переведена из класса "для суперкомпьютера" в класс "для настольного компьютера".

2. Уникальная возможность работы с многомерными экспериментальными точками, описываемыми векторными функциями[2].
3. Автоматический выброс плохих точек.

В больших массивах экспериментальных точек неизбежно присутствуют "плохие" точки (аномально большой вклад в χ^2), которые могут серьезно исказить результаты фита. Следовательно, обязательно наличие опции, позволяющей автоматически выбрасывать из фита такие точки. Выбросить вручную десяток-сотню таких точек при общем количестве $10^5 - 10^6$ - нереальная задача.

На рисунках показан выброс "плохих" точек при измерении поляризации пучка на нуклотроне и при калибровке термопары (ЛНФ). Экспериментальные точки на рис.1 добыты с помощью программы, встроенной в пакет.

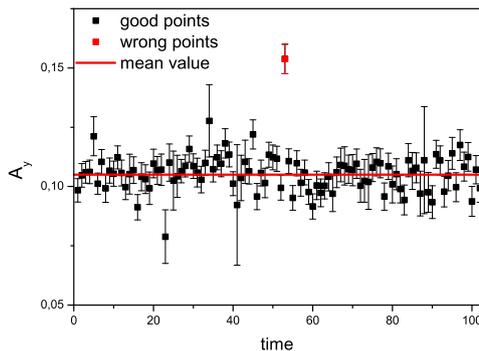


Рис. 1: Measurement of beam polarization.

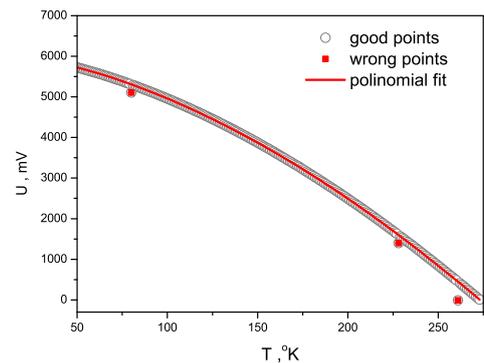


Рис. 2: Calibration of the thermocouple.

4. Реконструкция событий.

Для обеспечения скорости счета в multi-call задачах созданы две сверхбыстрые подпрограммы (для 2-х и для произвольного числа параметров), на которые осуществляется переход, если при первом обращении выполнены некоторые условия.

Программа проведения треков включена в пакет. При проведении треков через однозначные детекторы достигается скорость 10^6 трек/сек при частоте процессора 2.5 Мггц. Для дрейфовых детекторов скорость составляет $6 \cdot 10^5$ трек/сек. Тестовая программа, подтверждающая приведенные выше данные о скорости, включена в пакет тестовых программ, сопровождающих статью в СРС.

Треки проводились через трубки в [1] и через дрейфовые камеры при обработке данных по проектам ALPOM2, STRELA.

5. Параллельный фит для тяжелых функций пользователя.

Распараллеливается взятие производных по параметру. Таким образом, оптимальное число ядер процессора равно числу свободных параметров для подмножества, для которых не написаны аналитические производные. Оптимальное число ядер процессора для задачи [4] – $\simeq 20$. При числе ядер 4, фактор ускорения достиг 2.5.

6. Поиск глобального минимума.

Многие задачи имеют значительное число локальных минимумов для функционала $\chi^2 = F(a_i, \dots)$, где a_i – параметры. В этом случае, при разных начальных значениях параметров могут быть получены разные конечные значения, так как стандартная процедура фита уходит в ближайший локальный минимум. Для таких случаев предусмотрен прямой перебор значений выбранных параметров в заданных пределах с заданным шагом. Найденные таким образом значения параметров в силу конечного значения шага являются приближительными, так что по завершении этой процедуры программа переходит к стандартному фиту. Для этого весьма времязатратного процесса найдены способы оптимизации. Эта процедура использовалась в задаче [2].

7. Широкий набор встроенных функций для комфортной работы с полученными в эксперименте данными.

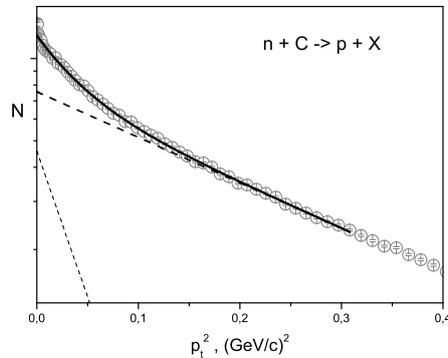


Рис. 3: nC scattering distribution. Black line – sum of 2 exponents. Dashed lines – components.

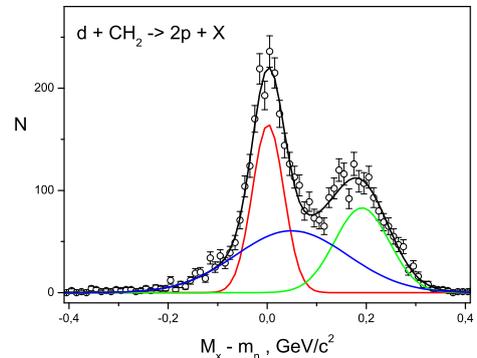


Рис. 4: 3 Gauss for two-heads peak. Black line – sum of 3 Gauss. Color lines – components.

На рисунках показаны экспериментальные результаты по проектам ALPOM2, STRELA. В каждом случае набор кривых на рисунке обеспечен одной строкой обращения к пакету со ссылкой на массив экспериментальных данных. **Задавание начальных значений параметров не требуется.** В эксперименте по рассеянию нейтрона на разных мишенях (ALPOM2) обнаружено 2 экспоненциальных наклона в реакции перезарядки $n \rightarrow p$.

8. Возможность в функции пользователя определять аналитически произвольное число производных по параметрам.

В исходном пакете FUMILI (а также MINUIT) можно определить или все производные, или ни одной. Между тем, аналитическое определение любого числа производных всегда желательно, так как это повышает одновременно надежность и скорость фита. Правильное написание производных контролируется при самонастройке программы фита с помощью численного взятия производной. При серьезном расхождении выдается предупреждение.

9. Создан дружественный интерфейс пользователя, позволяющий легко настраиваться на разные форматы входных данных и управлять выходными данными, менять режимы фита.
10. Значительное внимание уделено защите от ошибок пользователя. В User Guide это не отражено, так как пользователь, совершивший ошибку, столкнется с понятной диагностикой.

Последняя версия пакета загружена 226-ю читателями журнала CPC, причем все из них до этого скачали предыдущую версию, что означает, что они пользователи этого пакета (см. скан с сайта Mendeley).

Подробно с пакетом можно ознакомиться в User Guide (прилагается).

На текущий момент пакет И.Н. Силина FUMILI официально считается устаревшим (удален из CERNLIB). MINUIT имеет ограничение на число параметров в функции пользователя (<101). Что касается пакета FUMILIM, созданного на основе FUMILI, **в настоящий момент можно констатировать, что существуют класс задач, для решения которых ему нет альтернативы.**

Список литературы

- [1] I.M. Sitnik et al., Phys.Rev. C 84 0340063 (2011).
- [2] I.I. Alexeev, et al., Icarus 209 (2010) 23.
- [3] I.I. Alexeev, to be published. et al., Icarus 209 (2010) 23.
- [4] O.V. Selugin, to be published.



The new version of the FUMILIM minimization package

Sitnik I

Computer Physics Communications, vol. 209 (2016)

[View on ScienceDirect](#)

Citations

2

Where are your viewers coming from?

Powered by Scopus

Views

226

Where are your viewers coming from?

Powered by ScienceDirect

Readers

2

Top countries

Powered by Mendeley



Country	Views
China	47
Netherlands	41
Russia	26
United States	25
United Kingdom	9
India	7
Germany	7
Spain	7
Poland	6
Indonesia	6

Ученый секретарь ИТС ЛФВЭ

С.П. Мерц