



ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

ИФВЭ 99-58
ОЭФ

Ю.И. Иваньшин, Н.Г. Минаев

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ
ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФОНОВЫХ ЧАСТИЦ
В СТРУЯХ, ОБРАЗУЮЩИХСЯ В АА-ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ**

Протвино 1999

Аннотация

Иваньшин Ю.И., Минаев Н.Г. Использование нейронных сетей для определения фоновых частиц в струях, образующихся в АА-взаимодействиях: Препринт ИФВЭ 99–58. – Протвино, 1999. – 5 с., 3 рис., библиогр.: 6.

Представлен алгоритм на основе нейронных сетей для классификации струй по признакам содержания фоновых частиц. Продемонстрирована классифицирующая способность алгоритма, предназначенного для процедур восстановления handedness на выборках струй.

Abstract

Ivanshin Yu.I., Minaev N.G. Using Neural Nets for Background Particle Identification in Jets in AA-Interactions: IHEP Preprint 99–58. – Protvino, 1999. – p. 5, figs. 3, refs.: 6.

The algorithm based on neural nets, which to be used for jet classification by identification of background particles, is presented. This algorithm is designed to operate in jet handedness reconstruction procedures. The classification capability of algorithm is demonstrated.

Введение

Транспорт спина от партона к адронам струи представляет фундаментальный интерес. Методика изучения поляризации кварков и антикварков по конечным продуктам фрагментации в результате образования струй предложена в работах [1].

Простейшая величина, преобразуемая как спин при инверсии четности, определяется следующим образом:

$$\Omega = \vec{n} \cdot (\vec{p}_1 \times \vec{p}_2), |\vec{p}_1| > |\vec{p}_2|, \quad (1)$$

где \vec{n} — единичный вектор вдоль оси струи.

Струю можно представить как лево-, правозакрученную (handed), если Ω — отрицательная, положительная соответственно. На выборке струй можно изучать поведение величины H (jet handedness):

$$H = \frac{N_{\Omega < 0} - N_{\Omega > 0}}{N_{\Omega < 0} + N_{\Omega > 0}}. \quad (2)$$

Итак, чтобы получить значение Ω для струй, необходимы следующие операции:

1. Выделение струи.
2. Определение оси струи.
3. Отбраковка струй, у которых вторая по величине импульса частица не принадлежит струе (первая принадлежит струе по определению). Или, другими словами, классификация выделенных струй по принадлежности второй по величине импульса частицы либо струе, либо фону.

В настоящей работе будет рассматриваться процедура классификации струй на основе искусственных нейронных сетей. События рождения струй с $E = 30$ ГэВ и псевдобыстротой $\eta = 1.1, 1.3, 1.5, 1.7, 1.9$ в RuRu-столкновениях при 200 ГэВ/с на нуклон моделировались программой HIJING [2]. Для работы с нейронными сетями применялся пакет программ JETNET3.0 [3].

Струи выделялись при помощи алгоритма UA1 [4]. То есть отбирались N частиц, удовлетворяющих условию попадания в конус

$$\sqrt{(\eta_{max} - \eta_i)^2 + (\phi_{max} - \phi_i)^2} < R, i = 1, 2, \dots, N, \quad (3)$$

где η — псевдобыстрота, ϕ — азимутальный угол, индексом *max* отмечены параметры выделенной частицы с наибольшим p_t , R было равным 0.7. Выделенная таким способом совокупность содержит частицы, принадлежащие струе и фоновые. На рис.1 представлены характеристики фона в зависимости от η .

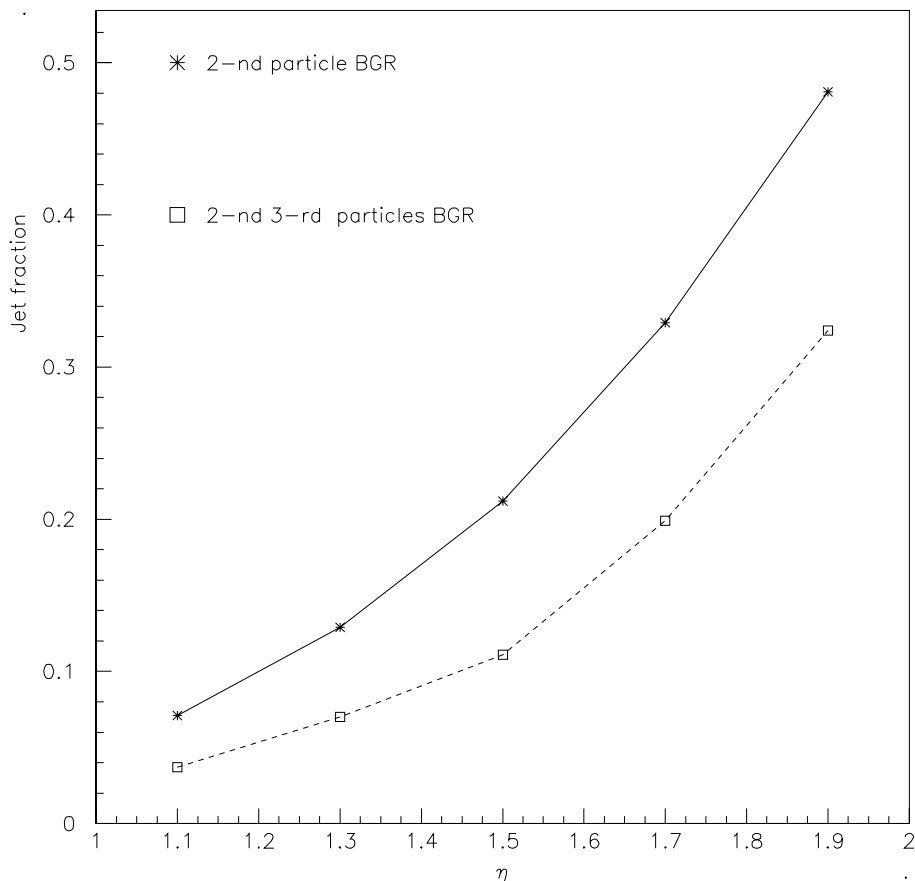


Рис. 1. Относительные доли струй, содержащих фоновые частицы, в зависимости от псевдобыстроты η : звездочкой помечены доли, когда в фоновых частицах присутствует вторая по величине импульса частица; квадратом помечены доли, когда в фоновых частицах присутствуют вторая и третья по величине импульса частицы одновременно.

Классификация струй нейронной сетью

Для решения задачи классификации использовалась архитектура нейронной сети, подобная приведенной в работе [5]. Это многослойный перцептрон [3,6] с одним входным, одним скрытым слоями нейронов и одним выходным нейроном. Выход каждого нейрона скрытого слоя определен действием сигмоидной функции на взвешенную сумму его входов inp_j и порога th_i

$$h_i = f(\sum g_{ij}inp_j + th_i), f(x) = 0.5(\tanh(x) + 1). \quad (4)$$

Выходной слой состоял из одного нейрона с выходом

$$out = f(\sum w_i h_i + th_{out}). \quad (5)$$

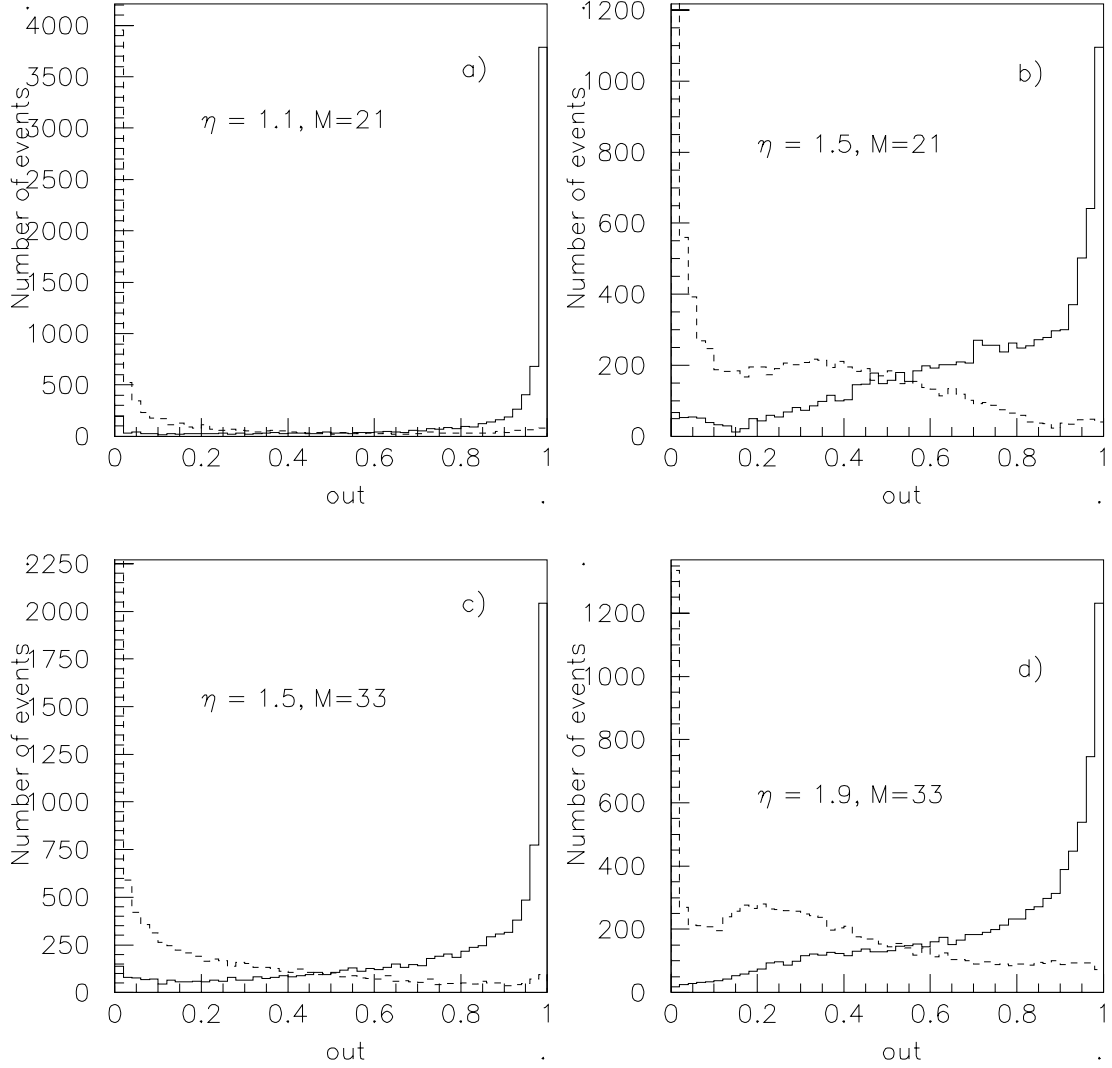


Рис. 2. Распределение значений выхода обученных нейронных сетей при подаче на вход векторов из тестовых выборок: непрерывная линия — на вход подавались векторы класса 1; пунктирная линия — на вход подавались векторы класса 0.

Число нейронов входного слоя задавалось размерностью входного вектора, который определялся следующим образом [5]:

$$\vec{I\tilde{N}} = (p_{1x}, p_{1y}, p_{1z}, \dots, p_{ix}, p_{iy}, p_{iz}, \dots, p_{lx}, p_{ly}, p_{lz}, p_{rx}, p_{ry}, p_{rz}), \quad (6)$$

где векторы \vec{p}_i упорядочены по убыванию импульса $p_i > p_{i+1}$, а индексом r помечены компоненты вектора остатка импульса в конусе

$$\vec{p}_r = \sum_{i=l+1}^N \vec{p}_i. \quad (7)$$

В частности, архитектура сети задается и размерностью входного вектора $M=3(l+1)$, l — параметр, меняющий число входных нейронов. Обученная сеть классифицирует струи следующим образом: на вход подается вектор (6) и смотрится выход out , если

- а) $out > th_{NN}$ (порога) — класс 1;
- б) $out \leq th_{NN}$ (порога) — класс 0.

Обучение сети проводилось методом обратного распространения ошибок. Во время обучения на вход сети подавались значения вектора (6), а на выход:

- а) 1, если вторая по величине импульса частица в конусе принадлежит струе (класс 1);
- б) 0 — в противном случае (класс 0).

Работа обученной сети на тестовых выборках струй демонстрируется на рис. 2. При $\eta = 1.1$ размерность входного вектора была $M=21$. С увеличением η увеличивается содержание фоновых частиц с большими импульсами, и поэтому для улучшения классификации для $\eta > 1.3$ размерность входного вектора бралась $M=33$. Существенное улучшение классификации можно заметить при сравнении рис. 2б и 2с. Тем не менее, для $\eta = 1.9$, где уже почти у половины выборки струй вторая частица по величине импульса принадлежит фону, все равно происходит ухудшение классификации.

Классифицирующая способность сети при $th_{NN} = 0.5$ представлена на рис. 3. На нем явно прослеживается тенденция уменьшения правильно распознанных струй с увеличением η . Эта тенденция связана с тем, что с возрастанием количества фоновых частиц сокращается информация, необходимая для правильной работы сети.

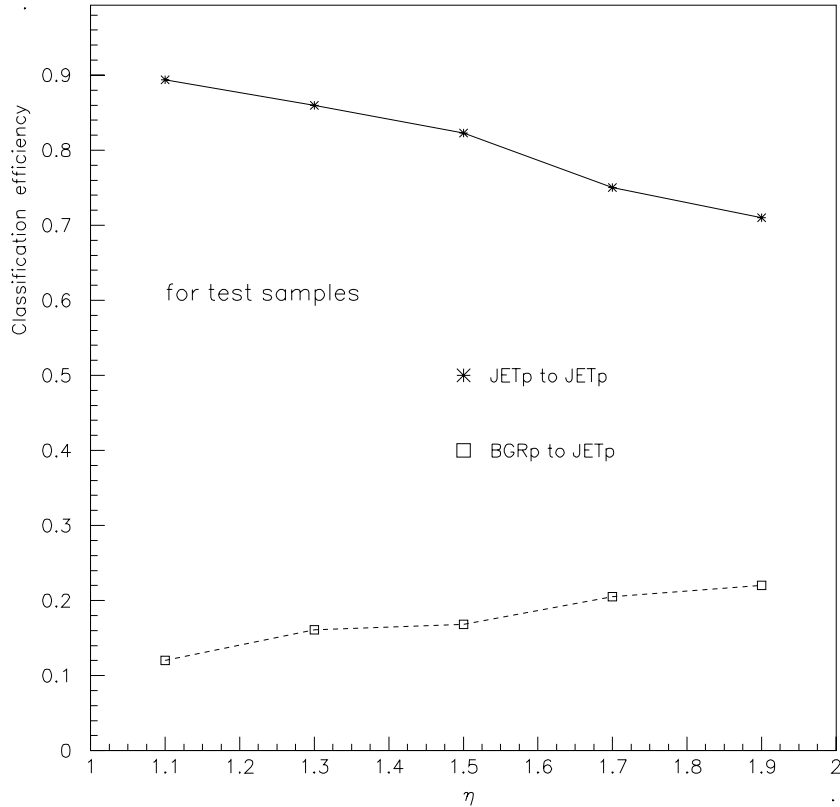


Рис. 3. Классифицирующая способность обученных нейронных сетей на тестовых выборках при значении порога $th_{NN} = 0.5$ в зависимости от псевдобыстроты η : звездочкой помечена относительная часть струй класса 1, распознанных сетью как класс 1; квадратом помечена относительная часть струй класса 0, распознанных сетью как класс 1.

Заключение

На частном случае выделенных струй в RuRu-взаимодействиях при 200 ГэВ/с на нуклон показана работоспособность предложенного алгоритма классификации струй по признакам содержания фоновых частиц, основанного на искусственных нейронных сетях. Насколько известно авторам, это пока единственный конструктивный подход к решению задачи по распознаванию фоновых частиц в струях.

Авторы благодарят Р.Я. Зилькарнеева за полезные обсуждения.
Работа поддержана РФФИ (грант 98-02-16508).

Список литературы

- [1] Nachtmann O. // Nucl.Phys., B127 (1977) 314;
Efremov A., Mankiewicz L., Tornquist N. // Phys. Lett., B284 (1992) 394.
- [2] Gyulassy M. and Wang X.N. LBL-34246 (1996).
- [3] Lonnblad L., Peterson C., Rognvaldsson T. LU TP 93-29.
- [4] UA1 Collaboration, Albajar C. et al. // Nucl. Phys., B309 (1988) 405.
- [5] Минаев Н.Г. — Препринт ИФВЭ 98-88, Протвино, 1998.
- [6] Bortolotto C. et al. // Intern. J. Mod. Phys., C3 (1992) 733.

Рукопись поступила 21 декабря 1999 г.

Ю.И.Иваньшин, Н.Г.Минаев

Использование нейронных сетей для определения фоновых частиц в струях,
образующихся в АА-взаимодействиях.

Оригинал-макет подготовлен с помощью системы L^AT_EX.

Редактор Л.Ф.Васильева.

Технический редактор Н.В.Орлова.

Подписано к печати 23.12.99. Формат 60 × 84/8. Офсетная печать.
Печ.л. 0,62. Уч.-изд.л. 0,5. Тираж 130. Заказ 205. Индекс 3649.
ЛР №020498 17.04.97.

ГНЦ РФ Институт физики высоких энергий
142284, Протвино Московской обл.

