

利用支持向量法研究宇宙线传播过程中的不确定性

林苏杰

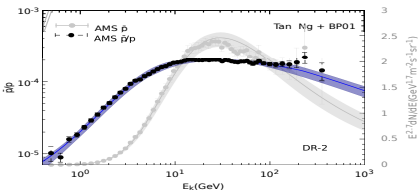
中国科学院高能物理研究所粒子天体物理中心

合作者：毕效军 殷鹏飞

2018 年 3 月

- 1 目录
- 2 动机-反质子的超出
- 3 支持向量法 (Support Vector Machine)
- 4 应用与初步结果
- 5 总结
- 6 BACK UP

反质子的疑似超出

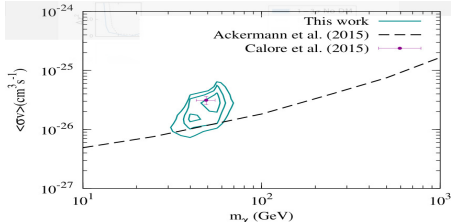


[Lin et al., PRD 96 no.12, 123010]

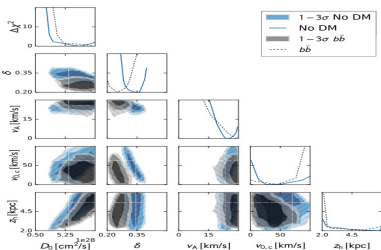
宇宙线反质子的观测有轻微超出。

此超出并不明显，以至于传播参数的轻微变化都会影响结果。

如果想要得到更坚实的结论，需要在拟合计算时加入硼碳等重核素的传播，此过程将十分耗时。



[Cui et al., PRL 118 no.19, 191101]



[Cuoco et al., PRL 118 (2017) no.19, 191102]

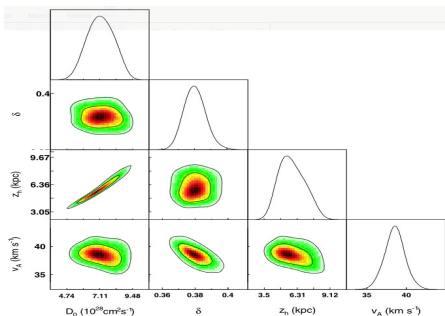
动机

考虑强相互作用等效应的不同，我们希望在多个不同情形下都作类似讨论。

我们需要一个更节省计算资源（更快）的办法。

前置条件

- 宇宙线的传播参数已经被硼碳比的观测限定在了足够小的范围
- 背景流强在这个小范围内对这些参数的依赖往往是接近线性的
- 在此情况下人工拟合的函数应当足以代替耗时的模拟过程
- 目前我们选择支持向量法 (SVM) 来给出这个拟合函数

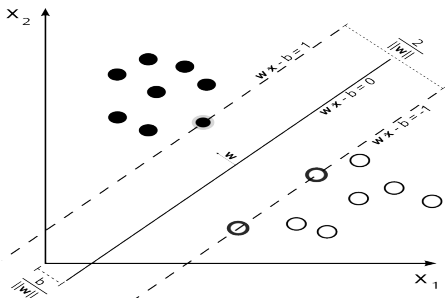
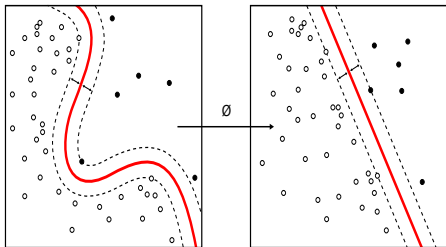


支持向量法

SVM 用于对空间中的点做分类或者回归分析。

在线性情况下，SVM 试图寻找一个合适的平面来区分不同类型的点，或者根据此平面给出一个线性函数来估计所有点的值。

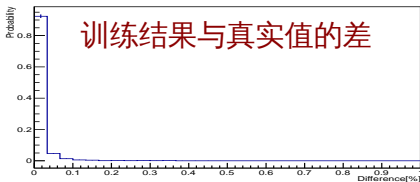
$$w \cdot x - b = 0$$



为了处理线性不可分的状况，一般会引入核函数机制。

通过重定义点乘 $w \cdot x$ ，将低维的参数点投影到更高维的空间中，然后在高维空间寻找合适的平面，得到高维空间中的线性回归函数。

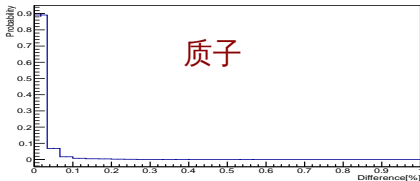
p E=0.192GeV



选取根据硼碳比得到的 3σ 范围内的两万多组传播参数 $\{\theta_1, \theta_2, \dots\}$ 。

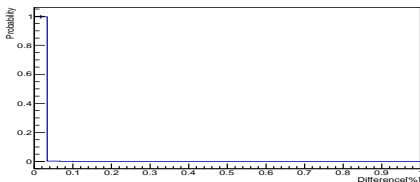
特定能量 E_0 的某种粒子流强是传播参数的函数 $\Phi_{E_0}(\theta)$

p E=2.95GeV

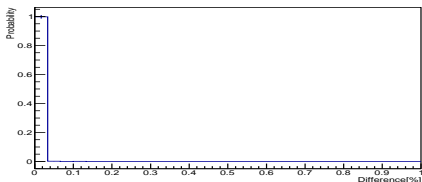


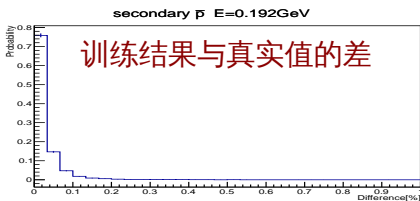
模拟计算参数组对应的流强 $\{\Phi_{E_0}(\theta_1), \Phi_{E_0}(\theta_2), \dots\}$ ，利用模拟结果进行训练，得到目标函数。

p E=45.5GeV



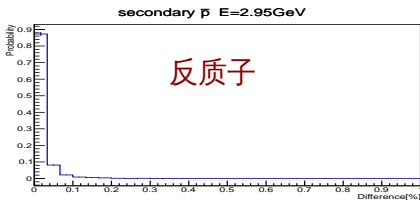
p E=282GeV



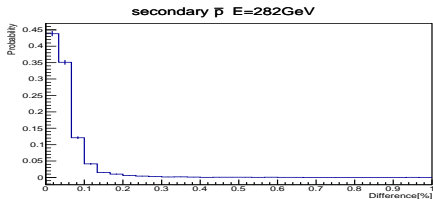
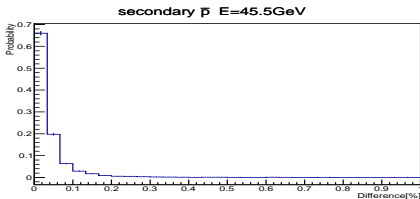


选取根据硼碳比得到的 3σ 范围内的两万多组传播参数 $\{\theta_1, \theta_2, \dots\}$ 。

特定能量 E_0 的某种粒子流强是传播参数的函数 $\Phi_{E_0}(\theta)$

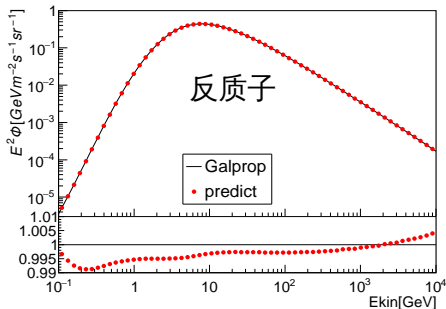
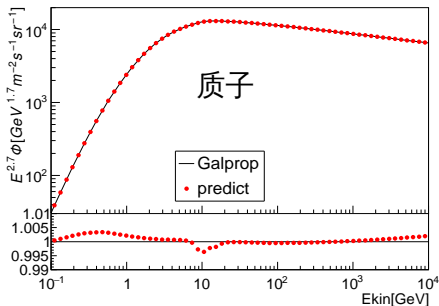


模拟计算参数组对应的流强 $\{\Phi_{E_0}(\theta_1), \Phi_{E_0}(\theta_2), \dots\}$ ，利用模拟结果进行训练，得到目标函数。



背景流强训练结果

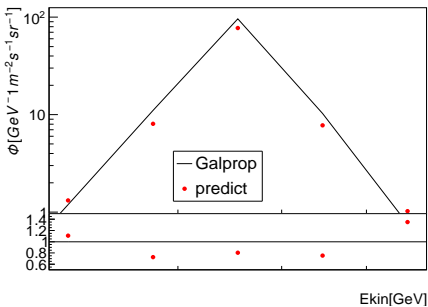
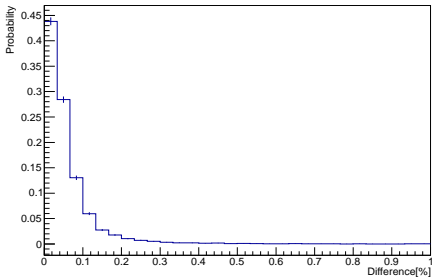
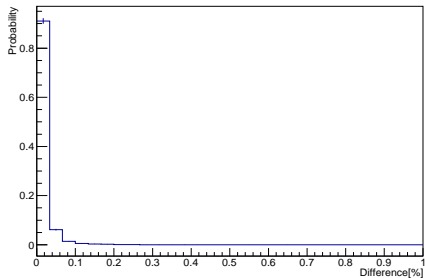
针对足够多的能量点作训练，我们将得到可用于预测宇宙线背景流强的一系列函数。



总结

- 在研究宇宙线反质子时，我们需要在讨论中加入传播参数的不确定性。
- 为了避免不必要地反复模拟传播过程，我们引入了支持向量法。
- 在宇宙线流强的估计上，此方法表现甚好，计算误差总在百分之零点几的范围内。
- 此方法可推广运用于其他情形，替代一些耗时较长，得到的结果却较为线性的模拟过程。

谢谢大家！

 δ injection: 45.5GeV \rightarrow 31.6GeV δ injection: 45.5GeV \rightarrow 45.5GeV δ injection: 45.5GeV \rightarrow 65.5GeV