

Análise de Dados em FAE

(01/11/2024)

Estudos de Estatística para Análise de Dados em HEP

Professores: Eliza Melo, Dilson Damião e Mauricio Thiel

Nome: Matheus Figueiredo de Paiva Nascimento

Introdução

Nesta seção, resolvemos alguns exercícios envolvendo conceitos fundamentais de física de partículas e estatística, como a seção de choque, incertezas estatísticas e sistemáticas, e limites de exclusão.

Exercício 2

A seção de choque (σ) de um processo de sinal pode ser obtida pela relação:

$$\sigma = \frac{N_{\text{Total}} - N_{\text{background}}}{\mathcal{L}}, \quad (1)$$

onde:

- N_{Total} é o número de eventos observados.
- $N_{\text{background}}$ é o número de eventos de fundo esperados.
- \mathcal{L} é a luminosidade integrada do experimento.

A seção de choque é uma medida da probabilidade de um processo ocorrer em colisões de partículas e é fundamental para entender as interações entre partículas em física de altas energias. A luminosidade integrada, por sua vez, representa o número total de colisões possíveis em um certo intervalo de tempo e é essencial para normalizar o número de eventos observados.

Dados

Para este exercício, foram fornecidos os seguintes valores:

- Número total de eventos observados (N_{Total}): 2567.
- Número de eventos de fundo esperados ($N_{\text{background}}$): 1223.5.
- Luminosidade integrada (\mathcal{L}): 25 fb^{-1} .

Cálculo da Seção de Choque

Substituímos os valores na fórmula para a seção de choque:

$$\sigma = \frac{N_{\text{Total}} - N_{\text{background}}}{\mathcal{L}} = \frac{2567 - 1223.5}{25} = \frac{1343.5}{25} = 53.74 \text{ fb.} \quad (2)$$

Propagação de Incertezas

Para calcular a incerteza na seção de choque, consideramos tanto as incertezas estatísticas quanto a incerteza sistemática de 10%.

A incerteza estatística dos eventos observados e de fundo pode ser modelada por uma distribuição de Poisson, o que nos dá:

$$\Delta N_{\text{Total}} = \sqrt{N_{\text{Total}}}, \quad \Delta N_{\text{background}} = \sqrt{N_{\text{background}}}. \quad (3)$$

Assim,

$$\begin{aligned} \Delta N_{\text{Total}} &= \sqrt{2567} = 50.67, \\ \Delta N_{\text{background}} &= \sqrt{1223.5} = 35.0. \end{aligned}$$

A incerteza na seção de choque, $\Delta\sigma$, é dada pela propagação de incertezas:

$$\Delta\sigma = \sqrt{\left(\frac{\Delta N_{\text{Total}}}{\mathcal{L}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta N_{\text{background}}}{\mathcal{L}}\right)^2 + (\sigma \times 0.1)^2}. \quad (4)$$

Substituindo os valores:

$$\begin{aligned} \Delta\sigma &= \sqrt{\left(\frac{50.67}{25}\right)^2 + \left(\frac{35.0}{25}\right)^2 + (53.74 \times 0.1)^2} \\ &= \sqrt{4.1 + 1.96 + 28.87} \\ &= \sqrt{34.93} \approx 5.91 \text{ fb.} \end{aligned}$$

Resultado Final

A seção de choque, com suas incertezas, é:

$$\sigma = 53.74 \pm 5.91 \text{ fb.} \quad (5)$$

Exercício 3

Este exercício trata da exclusão de eventos para a busca de acoplamentos anômalos em física de altas energias. A teoria subjacente se baseia em cálculos probabilísticos usando a distribuição de Poisson para estimar o número de eventos esperados.

Dados

Foram observados 35 eventos, enquanto o número esperado de eventos de fundo após cortes é de apenas 0.07.

Cálculo

Para calcular a exclusão de eventos com um nível de confiança de 95%, consideramos que os eventos de fundo são governados por uma distribuição de Poisson com média de 0.07. Queremos determinar quantos eventos excedem o esperado para que possamos excluí-los a 95% de confiança.

Utilizando a distribuição de Poisson, determinamos o valor crítico que corresponde a um nível de significância de 5%. Esse valor nos indica o número máximo de eventos de fundo que poderiam ser observados por flutuação estatística antes de se concluir que há um excesso de eventos devido a novos efeitos físicos.

Exercício 4

O ajuste de uma função é considerado adequado se o valor de $\chi^2/\text{ndf} \approx 1$, onde χ^2 representa o qui-quadrado e ndf (degrees of freedom) são os graus de liberdade do ajuste.

Teoria

O critério $\chi^2/\text{ndf} \approx 1$ indica que o modelo ajusta os dados de maneira apropriada. Valores significativamente maiores que 1 sugerem que o modelo não

está capturando as características dos dados (sobreajuste ou falta de ajuste), enquanto valores menores que 1 indicam um ajuste excessivamente bem-sucedido, o que pode sinalizar dados sobreajustados ou superestimados em termos de precisão.

Para ajustar os dados observados com uma função adequada, é preciso realizar o ajuste e calcular o valor de χ^2/ndf e comparar com 1.

Conclusão

Com base no Vuolo, o valor $\chi^2/\text{ndf} \rightarrow 1$ é indicativo de um bom ajuste, garantindo que a função está representando bem os dados experimentais sem sobreajustá-los.