Corso di Laurea in Fisica
Esame di Laboratorio II (I modulo)

27/04/2017

Istruzioni

Si risolva uno (a scelta) dei seguenti esercizi, scrivendo il codice in C++. Ai fini della valutazione, verrà considerato **solo il codice che compila ed esegue senza errori**. Per la valutazione sarà inoltre tenuto in considerazione il fatto che i codici siano scritti con ordine, utilizzando opportunamente l'**indentazione** e i **commenti**. Si richiede infine di iniziare i codici con una riga di commento contenente il comando necessario per creare l'eseguibile o per lanciare la Macro di ROOT.

Nella cartella TESTO trovate:

- il testo del compito
- il file *PrototipoROOT.cpp* che contiene un prototipo di *main* che usa *TApplication* per la grafica e *argc/argv* per il passaggio dei parametri
- le slides del corso

Nella cartella CONSEGNA dovete copiare la cartella che contiene il vostro codice e il file di testo (OBBLIGATORIO) che commenta e spiega le operazioni di statistica effettuate. Il nome della cartella che consegnate deve essere della forma: COGNOME_NOME_MATRICOLA.

1 Correlazioni

In un esperimento si misurano contemporaneamente due grandezze x ed y, la misura viene ripetuta molte volte in condizioni identiche. Nel file `correlated.txt` sono contenute coppie di dati x ed y. L'obiettivo dell'esercizio è quello di valutare la miglior stima di x e il suo errore, la miglior stima di y ed il suo errore, la covarianza e la correlazione tra le due variabili x ed y. Infine si chiede di verificare la compatibilità delle distribuzioni di x ed y e del loro rapporto x/y con una gaussiana. Si svolga l'esercizio secondo i seguenti punti:

1. definire 3 istogrammi (TH1F con nbin=1000) con cui rappresentare le distribuzioni associate alle grandezze x, y e x/y (si scelgano opportunamente gli estremi degli istogrammi in modo che le distribuzioni non siano tagliate).

2. leggere il file con le coppie di dati x e y, calcolare per ogni coppia il rapporto x/y e riempire i 3 istogrammi.

3. all'interno del ciclo in cui avviene la lettura da file, incrementare opportunamente dei contatori in modo da calcolare, al termine del ciclo, la media e la deviazione standard delle variabili x, y e x/y. Calcolare anche la covarianza e la correlazione tra x ed y, per farlo si utilizzino le note formule di statistica:

$$\sigma_x^2 = \langle x^2 \rangle - \langle x \rangle^2 \qquad cov_{xy} = \langle xy \rangle - \langle x \rangle \langle y \rangle$$

   Calcolare quindi il coefficiente di correlazione ρ, definito come:

$$\rho = \frac{cov_{xy}}{\sigma_x \sigma_y}$$

4. stampare a schermo la miglior stima della variabile x e il suo errore, la miglior stima della variabile y ed il suo errore.

5. fittare le tre distribuzioni con una Gaussiana e valutare la bontà dei fit in modo quantitativo, stimando quindi se le tre grandezze hanno distribuzione realmente Gaussiana.

6. confrontare i risultati ottenuti per i valori medi e la deviazione standard di x, y con quelli ricavati dal fit.

OBBLIGATORIO spiegare in un file di testo come sono state stimate le medie e i loro errori e perchè. Commentare la compatibilità delle distribuzioni con una gaussiana e spiegare come si è valutata quantitativamente questa ipotesi.
FACOLTATIVO (da fare solo se avete completato tutto il resto) definire un istogramma TH2F con 50 bins sulla x tra 700 e 900 e 50 bins sulla y tra 250 e 550. Riempire quindi l'istogramma nel ciclo di lettura del file e disegnarlo utilizzando l'opzione `''SURF2''` che crea un plot 3D. Eseguire il fit della distribuzione congiunta con la distribuzione Binormale, definita dalla formula seguente:

$$f(x,y) = Ae^{-\frac{1}{2}G(x,y)}$$

dove

$$A = \frac{1}{2\pi\sigma_x\sigma_y\sqrt{1-\rho^2}}$$

$$G(x,y) = \frac{1}{1-\rho^2}\left[\left(\frac{x-\mu_x}{\sigma_x}\right)^2 - 2\rho\left(\frac{x-\mu_x}{\sigma_x}\right)\left(\frac{y-\mu_y}{\sigma_y}\right) + \left(\frac{y-\mu_y}{\sigma_y}\right)^2\right]$$

2 Implementazione di una classe *ToyMC*

Si consideri un'esperimento di conteggio di eventi rari in cui si misura il valore assunto da una variabile casuale *conteggio* distribuita secondo la pdf di Poisson. Si desidera "simulare" i possibili risultati dell'esperimento immaginando di ripetere N volte la misura di conteggio. Per fare questo si implementa una classe *ToyMC* che riempie un vettore di interi di dimensione N con i risultati simulati dell'esperimento (si chiama ToyMC perchè si simula solo il comportamento statistico dei dati ma non la fisica). Tali risultati sono ottenuti estraendo un numero casuale (*conteggio*) distribuito secondo la pdf di Poisson con valore medio μ. In dettaglio si implementi:

- Un constructor senza parametri (il default constructor) che inizializzi a 0 tutte le variabili private della classe.
- Un constructor che riceva come parametri: il numero di estrazioni N della variabile causuale che vanno effettuate, il valore μ del parametro che descrive la pdf di Poisson, un numero che funga da *seed* per il generatore di numeri casuali. Nel constructor viene assegnata la dimensione del vettore di interi che contiene i conteggi (il vettore deve essere di dimensione pari al numero di estrazioni, N). Il vettore viene quindi riempito con i risultati delle N estrazioni di un numero casuale distribuito secondo la pdf di Poisson. Vengono poi aggiornati i valori delle altre variabili private. Si suggerisce di utilizzare la classe `TRandom2` di ROOT e il suo metodo `Poisson(mu)` che restituisce un numero casuale secondo una distribuzione di Poisson di media μ. Il costruttore richiede di essere inizializzato con un seed (usate p.es. `seed=time(NULL)`, libreria ctime.h). P.es.:
  1. `TRandom2 *RndG=new TRandom2(seed);`
  2. `RndG->Poisson(mu);`
- Il destructor, che deve disallocare tutta la memoria utilizzata dall'oggetto `ToyMC` (potrebbe anche essere che il distruttore non debba eseguire nessuna operazione specifica e quindi possa essere un metodo vuoto).
- Il metodo `Media` che restituisce la media valutata sul campione dei conteggi;
- Il metodo `Varianza` che restituisce la varianza del campione dei conteggi;

- Il metodo `Nestrazioni` che restituisce il numero N di estrazioni effettuate;
- Il metodo `Estrazione(i)` che restituisce il valore dei conteggi corrispondenti alla i-esima estrazione (dove i è passato come parametro al metodo);

Scrivere a questo punto un `main()` che, usando la classe ToyMC, riempia con il metodo `Fill` un istogramma di tipo TH1I (si scelgano opportunamente estremi e numero di bin !). Fittare l'istogramma con una gaussiana e stimare la compatibilità con i dati nel caso in cui si imposti μ=3 o μ=50 (si usi un numero alto di estrazioni, per es. N=1000). Si confrontino inoltre i risultati ottenuti per la stima di media e della sua incertezza rispetto ai valori teorici della distribuzione.
OBBLIGATORIO si scriva un file di testo in cui si spieghi: come si valuta la media e la deviazione standard di ciascun ToyMC, quali sono i valori attesi per media e deviazione standard nel caso della distribuzione di Poisson, sotto quali ipotesi la pdf di Poisson è approssimabile con la pdf Gaussiana.
FACOLTATIVO si fitti l'istogramma TH1I con una funzione poissoniana.