

ANÁLISIS NUMÉRICO

Licenciatura en Matemática -- Primer Cuatrimestre 2023

Práctica N° 8. Interpolación¹

Ejercicio 1 Para cada uno de los conjuntos de datos dados, calcular el polinomio $p(x)$ interpolador de grado menor o igual que 3:

- en la forma de Lagrange,
- por coeficientes indeterminados,
- utilizando diferencias divididas.

Verificar los resultados en `Octave`, utilizando el comando `polyfit`. Graficar el polinomio interpolador, usando `polyval`.

x	-1	0	2	3	x	-1	0	1	2
y	-1	3	11	27	y	-3	1	1	3

Ejercicio 2 Agregar a las tablas de datos del Ejercicio 1 el punto $x = 4$, $y = 1$. Calcular los polinomios interpoladores, aumentando las tablas de diferencias divididas.

Ejercicio 3 Interpolarse cada una de las siguientes funciones en $n + 1$ puntos equiespaciados en el intervalo $[-1, 1]$. Graficar simultáneamente la función con sus respectivos interpoladores para $n = 5, 10, 15$.

$$f_1(x) = \frac{1}{1 + 25x^2}, \quad f_2(x) = |x|, \quad f_3(x) = \text{sen}(\pi x).$$

Ejercicio 4 Implementar un programa que reciba como input dos vectores $x, y \in \mathbb{R}^n$, calcule la tabla de diferencias divididas y devuelva el polinomio que interpola los puntos (x_i, y_i) .

Ejercicio 5 Encontrar una función del tipo $2ax^3 + bx^2 + cx + d$ que interpole la siguiente tabla de datos:

¹Esta práctica está tomada del curso *Elementos de Cálculo numérico / Cálculo Numérico* del Departamento de Matemática, ECEN, Universidad de Buenos Aires.

x	-1	0	1	2
y	1	1	0.5	4

Ejercicio 6 Hallar y graficar una función del tipo $e^{a_4x^4+a_3x^3+\dots+a_0}$ que interpole a la función $f(x) = 1/x$ en 5 nodos equiespaciados en el intervalo $[1, 10]$.

Ejercicio 7 1. Dado el intervalo $[a, b]$, sea m el punto medio entre a y b y sea $h \leq (b-a)/2$. Sea $p = m - h$ y $q = m + h$. Demostrar que para todo x en $[a, b]$,

$$|(x-p)(x-q)| \leq \frac{(b-a)^2}{4}.$$

2. Sean $x_0 = a, \dots, x_i = x_0 + \frac{b-a}{n}, \dots, x_n = b$, $n+1$ puntos en el intervalo $[a, b]$, distribuidos simétricamente respecto del punto medio. Demostrar que para todo x en $[a, b]$,

$$|(x-x_0)\dots(x-x_n)| \leq \frac{(b-a)^{n+1}}{2^{n+1}}.$$

Ejercicio 8 Sea f una función C^∞ tal que para todo $k \in \mathbb{N}$ y para todo $x \in [a, b]$ se tiene:

$$|f^k(x)| \leq C^k k!$$

Mostrar que, si $0 < C < \frac{1}{b-a}$ y P_n en un polinomio de grado n que interpola a f en $n+1$ puntos distintos, entonces P_n converge a f uniformemente en $[a, b]$, es decir, $\|f - P_n\|_{\infty, [a, b]} \rightarrow 0$ cuando n tiende a ∞ .

Ejercicio 9 Sea $f : [-1, 1] \rightarrow \mathbb{R}$, $f(x) = \frac{1}{a+x}$. Sean $(x_n)_{n \geq 0}$ una sucesión arbitraria de puntos en $[-1, 1]$ y $P_n(x)$ el polinomio que interpola a $f(x)$ en x_0, x_1, \dots, x_n . Demostrar que si $a > 3$ entonces P_n converge a f uniformemente en $[-1, 1]$.

Ejercicio 10 Sea $f : [0, 1] \rightarrow \mathbb{R}$, $f(x) = \sin(\pi x) + e^x$. Sea P_n el polinomio de grado n que interpola a f en $n+1$ puntos equiespaciados.

a) Usando el Ejercicio 7, acotar el error $\|f - P_n\|_\infty$.

b) Sea C_n la cota hallada en (a). Para $n = 1, 3, 5$, graficar simultáneamente f , $f + C_n$, $f - C_n$ y P_n .

Ejercicio 11 a) Hallar n de modo que el polinomio P_n que interpola a la función $f(x) = e^{2x}$ en los ceros de T_{n+1} verifique que $\|f - P_n\|_\infty \leq 10^{-2}$ en $[-1, 1]$.

b) Repetir el ítem anterior para $f(x) = e^x$, $x \in [0, 4]$.

Ejercicio 12 Para $n = 5, 10, 15$; graficar simultáneamente el polinomio $W_{n+1}(x) = \prod_{i=0}^n (x - x_i)$, donde $x_i = -1 + 2i/n$, $i = 0, \dots, n$ y el polinomio de Tchebychev T_{n+1} .

Ejercicio 13 Repetir el Ejercicio 3 usando los polinomios que interpolan a la función f en los ceros del polinomio de Tchebychev de grado $n+1$, para $n = 5, 10, 15$.

Ejercicio 14 Utilizar el método de coeficientes indeterminados para hallar un polinomio p de grado 2 que satisfaga:

$$p(1) = 0, \quad p'(1) = 7, \quad p(2) = 10.$$

Ejercicio 15 Para ilustrar qué pasa cuando se desea interpolar no sólo una función sino también sus derivadas, consideramos el problema de hallar p de grado a lo sumo 3 que verifique:

$$(a) \quad p(0) = 1, \quad p'(0) = 1, \quad p'(1) = 2, \quad p(2) = 1;$$

$$(b) \quad p(-1) = 1, \quad p'(-1) = 1, \quad p'(1) = 2, \quad p(2) = 1;$$

$$(c) \quad p(-1) = 1, \quad p'(-1) = -6, \quad p'(1) = 2, \quad p(2) = 1.$$

Usando el método de coeficientes indeterminados, demostrar que el problema (a) tiene solución única, el problema (b) no tiene solución, y el problema (c) tiene infinitas soluciones.

Ejercicio 16 Analizar para qué valores de x_0, x_1, x_2 , y $\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2$ existe un polinomio de grado 2 que satisfice:

$$p(x_0) = \alpha_0, \quad p(x_1) = \alpha_1, \quad p'(x_2) = \alpha_2.$$

y cuándo este polinomio es único.

Ejercicio 17

a) Sea $f(x) = \cos(\pi x)$, hallar un polinomio de grado menor o igual que 3 que verifique

$$p(-1) = f(-1), \quad p(0) = f(0), \quad p(1) = f(1), \quad p'(1) = f'(1).$$

b) Hallar un polinomio de grado menor o igual que 4 que verifique las condiciones del ítem anterior, más la condición

$$p''(1) = f''(1).$$

Ejercicio 18 Sea $f : [-1, 1] \rightarrow \mathbb{R}$ la función $f(x) = e^{2x-1}$ y sean $x_0 < x_1 < \dots < x_n$ los ceros del polinomio de Tchebychev, T_{n+1} . Se interpola a f con un polinomio P de grado $\leq n + 1$ de modo que $P(x_0) = f(x_0), P(x_1) = f(x_1), \dots, P(x_n) = f(x_n)$ y además $P'(x_n) = f'(x_n)$. Probar que si $n \geq 6$ entonces, el error cometido en la interpolación sobre el intervalo $[-1, 1]$ es menor que 10^{-3} .

Ejercicio 19 Sea $f \in C^2[a, b]$, y sean $x_0 = a, x_1 = a + h, \dots, x_n = b$, donde $h = (b - a)/n$. Considerar la poligonal $\ell(x)$ que interpola a f en los puntos $x_i, i = 0 \dots n$.

a) Probar que

$$|f(x) - \ell(x)| \leq \frac{h^2}{2} \max_{x \in [a, b]} |f''(x)|.$$

b) Para los $x \in [a, b]$ tales que ℓ es derivable, probar que

$$|f'(x) - \ell'(x)| \leq h \max_{x \in [a, b]} |f''(x)|.$$

Ejercicio 20 Calcular un spline cúbico que interpole los datos: $x = (0, 0.5, 1), y = (0, 1, 0)$. Graficar el spline junto con la función $\sin(\pi x)$.

Esta práctica está tomada del curso *Elementos de Cálculo numérico / Cálculo Numérico* del Departamento de Matemática, ECEN, Universidad de Buenos Aires