

Bize verilen input-  
lara karşılık uygun  
Outputlar üretebilen fonk-  
siyonlara interpolasyon  
denir

# INTERPOLASYON

Basit olarak interpolasyon işlemi; tablo halinde değerleri verilen bir değişkenin, tabloda olmayan bir değerini bulma olarak tanımlanabilir.

Genel anlamda ise interpolasyon; bilinmeyen bir  $f(x)$  fonksiyonunun  $x_0, x_1, \dots, x_n$  gibi ayrık noktalarda verilen  $f_0, f_1, \dots, f_n$  değerlerini kullanarak, bu fonksiyonun başka basit ve bilinen bir  $F(x)$  fonksiyonu ile ifade edilmesidir. Bulunan  $F(x)$  fonksiyonuna "**Interpolasyon Fonksiyonu**" denir. Bu fonksiyon; polinom, üslü bir ifade, trigonometrik fonksiyon veya özel bir fonksiyon olabilir.

Genelde interpolasyon fonksiyonu olarak polinomlar kullanılır. Periyodik değerlerde ise trigonometrik fonksiyonlar tercih edilir.

Entropolasyon fonksiyonun seçiminde  $\mathbb{R}$  teorem kullanılır  
1. Eğer  $f(x)$  fonksiyonu  $[a, b]$  aralığında sürekli ise  
entropolasyon fonksiyonu olarak polinom kullanılabilir.  
Bu aralıkta

$$|f(x) - F(x)| \leq \epsilon \quad \text{esitliği sağlanır.}$$

2. Periyodu  $2\pi$  olan sürekli bir fonksiyon için

$$F(x) = \sum_{k=0}^n a_k \cos kx + \sum_{k=1}^n b_k \sin kx$$

gibi sonlu bir trigonometrik açılım, entropolasyon  
fonksiyonu olarak kullanılabilir. Belli bir  $n$  değeri

$$|f(x) - F(x)| < \epsilon \quad \text{sağlanabilir.}$$

## DOĞRUSAL ENTERPOLASYON

Enterpolasyon fonksiyonu olarak 1. dereceden bir polinom (doğru) kullanılıyorsa bu şekildeki enterpolasyona **doğrusal (lineer) enterpolasyon** denir.

Eğer  $x$  değeri  $[a, b]$  aralığında bir  $f(x)$ 'e aitse enterpolasyon fonksiyonu olarak :

$$F(x) = Ax + B \text{ seçilirse,}$$

$$\begin{cases} f(a) = F(a) \\ f(b) = F(b) \end{cases}$$

Bağıntılarının sağlanması gerekir. Buradan;

$$Aa + B = f(a)$$

$$Ab + B = f(b)$$

yazılır.

$$A = \frac{f(a) - f(b)}{a - b}$$

$$B = \frac{bf(a) - af(b)}{b - a} \text{ yazılır.}$$

$F(x)$  fonksiyonu ise :

$$F(x) = \frac{f(a) - f(b)}{a - b} x + \frac{bf(a) - af(b)}{b - a}$$

olur.

## GREGORY NEWTON ENTERPOLASYONU

$F(x) = f_0 + \sum_{i=1}^n \left(\frac{k}{i}\right) \Delta^i f_0$  olarak verilir. Bu formül açıl-

dırıldığında;

$$F(x) = f_0 + \left(\frac{k}{1}\right) \Delta f_0 + \left(\frac{k}{2}\right) \Delta^2 f_0 + \dots + \left(\frac{k}{n}\right) \Delta^n f_0$$

$k = \frac{x_i - x_0}{h}$  olarak enterpolasyon değişkeni adını alır.

$$\left(\frac{k}{i}\right) = \frac{k(k-1)(k-2)\dots(k-i+1)}{i!}$$

$$F(x) = f_0 + \frac{k}{1!} \Delta f_0 + \frac{k(k-1)}{2!} \Delta^2 f_0 + \frac{k(k-1)(k-2)}{3!} \Delta^3 f_0 + \dots + \frac{k(k-1)\dots(k-n+1)}{n!} \Delta^n f_0$$

$k = \frac{x_i - x_0}{h}$  konularsa;

$$F(x) = f_0 + \frac{k}{1!} \Delta f_0 + \frac{k(k-1)}{2!} \Delta^2 f_0 + \frac{k(k-1)(k-2)}{3!} \Delta^3 f_0 + \frac{k(k-1)\dots(k-n+1)}{n!} \Delta^n f_0$$

$$F(x) = f_0 + \frac{\frac{x_i - x_0}{h}}{1!} \Delta f_0 + \frac{\frac{x_i - x_0}{h} \left( \frac{x_i - x_0}{h} - 1 \right)}{2!} \Delta^2 f_0 + \frac{\frac{x_i - x_0}{h} \left( \frac{x_i - x_0}{h} - 1 \right) \left( \frac{x_i - x_0}{h} - 2 \right)}{3!} \Delta^3 f_0 + \dots$$

$$F(x) = f_0 + \frac{x_i - x_0}{h} \Delta f_0 + \frac{x_i - x_0}{h} \frac{x_i - x_0 - h}{h} \frac{\Delta^2 f_0}{2!} + \frac{x_i - x_0}{h} \frac{x_i - x_0 - h}{h} \frac{x_i - x_0 - 2h}{h} \frac{\Delta^3 f_0}{3!} + \dots$$

$$F(x) = f_0 + \frac{x_i - x_0}{h_1} \Delta f_0 + \frac{x_i - x_0}{h_1} \frac{x_i - \overbrace{(x_0 + h_1)}^{x_1}}{h_1} \frac{\Delta^2 f_0}{2!} + \frac{x_i - x_0}{h_1} \frac{x_i - \overbrace{(x_0 + h_1)}^{x_1}}{h_1} \frac{x_i - \overbrace{(x_0 + h_1 + h_2)}^{x_2}}{h_1} \frac{\Delta^3 f_0}{3!} + \dots$$

$$F(x) = f_0 + \frac{x_i - x_0}{h} \Delta f_0 + \frac{(x_i - x_0)(x_i - x_1)}{h^2} \frac{\Delta^2 f_0}{2!} + \frac{(x_i - x_0)(x_i - x_1)(x_i - x_2)}{h^3} \frac{\Delta^3 f_0}{3!} + \dots$$

$h=1$  ve  $x_0=0$  alınırsa formül şu şekle dönüşür.

$$F(x) = f_0 + x_i \Delta f_0 + \frac{x_i(x_i-1)}{2!} \Delta^2 f_0 + \frac{x_i(x_i-1)(x_i-2)}{3!} \Delta^3 f_0 + \dots$$

$h=1$  ve  $x_0=0$  alınırsa formül şu şekle dönüşür.

$$F(x) = f_0 + x_i \Delta f_0 + \frac{x_i(x_i-1)}{2!} \Delta^2 f_0 + \frac{x_i(x_i-1)(x_i-2)}{3!} \Delta^3 f_0 + \dots$$

$x_i \rightarrow x$  alınırsa

$$F(x) = f_0 + x \Delta f_0 + \frac{x(x-1)}{2!} \Delta^2 f_0 + \frac{x(x-1)(x-2)}{3!} \Delta^3 f_0 + \dots$$

1,340    1,7    2    2,400

II  
ÖRNEK:

<u>x</u>	<u>f(x)</u>
0	<u>-4</u>
1	<u>-2</u>
2	14
3	62
4	160
5	326
6	578

$\Delta f(x)$

2  
16

48

98

166

252

$\Delta^2 f(x)$

14

32

50

68

86

$\Delta^3 f(x)$

18

18

18

18

$x_0 = 0$   
 $h = 1$

$$F(x) = -4 + x \cdot 2 + \frac{x(x-1)}{2} \cdot 14 + \frac{x(x-1)(x-2)}{6} \cdot 18$$

$$F(x) = 3x^3 - 2x^2 + x - 4$$

$$F(4) = 160$$

6.096  
1.342.2

2.6



ÖRNEK:

<u>x</u>	<u>f(x)</u>
2	<u>10</u>
4	50
6	122
8	226
10	362

$\Delta f(x)$

40  
72  
104  
136

$\Delta^2 f(x)$

32  
32  
32

$x_0 \neq 0$   
 $h \neq 1$


$$F(x) = f_0 + \frac{x-x_0}{h} \Delta f_0 + \frac{(x-x_0)(x-x_1)}{h^2} \frac{\Delta^2 f_0}{2!}$$

$$F(x) = 10 + \frac{x-2}{2} \overset{20}{40} + \frac{(x-2)(x-4)}{4} \cancel{32}^8$$

$$F(x) = 4x^2 - 4x + 2 \Rightarrow F(8) = 226$$

Değişken dönüşümü yapılarak ayrik noktaların eşit aralıklı yapılması:

<u>x</u>	<u>f(x)</u>	<u><math>\Delta f(x)</math></u>	<u><math>\Delta^2 f(x)</math></u>	<u><math>\Delta^3 f(x)</math></u>	<u><math>\Delta^4 f(x)</math></u>
-1	<u>2</u>	<u>-1</u>			
0	1	9	<u>10</u>	<u>26</u>	
3	10	55	46	60	<u>24</u>
8	65	161	106	84	24
15	226	351	190		
24	577				



<u>z</u>	<u>x</u>	<u><math>\Delta x</math></u>	<u><math>\Delta^2 x</math></u>
0	-1		
1	0	1	2
2	3	3	2
3	8	5	2
4	15	7	2
5	24	9	

<u>z</u>	<u>F(z)</u> <u>x</u>	<u>Δx</u>	<u>Δ²x</u>
0	-1		
1	0	1	2
2	3	3	2
3	8	5	2
4	15	7	2
5	24	9	

$$F(x) = f_0 + x \Delta f_0 + \frac{x(x-1)}{2!} \Delta^2 f_0$$

$$x = F(z) = x_0 + z \cdot \Delta x + \frac{z(z-1)}{2!} \Delta^2 x = -1 + z \cdot 1 + \frac{z^2 - z}{2} \cdot 2$$

$$x = z^2 - 1 \quad \Rightarrow \quad z = \pm \sqrt{x+1}$$

$$f(z) = f_0 + z \cdot \Delta f_0 + \frac{z(z-1)}{2} \Delta^2 f_0 + \frac{z(z-1)(z-2)}{6} \Delta^3 f_0 + \frac{z(z-1)(z-2)(z-3)}{24} \Delta^4 f_0$$

$$f(z) = f_0 + z \cdot \Delta f_0 + \frac{z(z-1)}{2} \Delta^2 f_0 + \frac{z(z-1)(z-2)}{6} \Delta^3 f_0 + \frac{z(z-1)(z-2)(z-3)}{24} \Delta^4 f_0$$

<u>x</u>	<u>f(x)</u>	<u><math>\Delta f(x)</math></u>	<u><math>\Delta^2 f(x)</math></u>	<u><math>\Delta^3 f(x)</math></u>	<u><math>\Delta^4 f(x)</math></u>
-1	<u>2</u>	<u>-1</u>	<u>10</u>		
0	1	9	<u>46</u>	<u>26</u>	
3	10	55	60	<u>24</u>	
8	65	161	106	84	24
15	226	351	190		
24	577				

$$x = z^2 - 1 \Rightarrow z = \pm \sqrt{x+1}$$

$$f(z) = 2 - z + \frac{5}{10} \frac{z(z-1)}{2} + \frac{6}{36} \frac{z(z-1)(z-2)}{6} + \frac{24}{24} \frac{z(z-1)(z-2)(z-3)}{24}$$

$$f(z) = z^4 - 2z^2 + 2 \quad \text{Ara Interpolasyon Formülü}$$

$$f(x) = (\pm \sqrt{x+1})^4 - 2(\pm \sqrt{x+1})^2 + 2$$

$$F(x) = x^2 + 1$$

II ÖRNEK:

<u>x</u>	<u>z</u>	<u>f(x)</u>	<u><math>\Delta f(x)</math></u>	<u><math>\Delta^2 f(x)</math></u>
2	0	3	4	8
4	1	7	12	8
6	2	19	20	8
8	3	39	28	
10	4	67		

<u>z</u>	<u>x</u>	<u><math>\Delta x</math></u>
0	2	2
1	4	2
2	6	2
3	8	2
4	10	

$$x = F(z) = x_0 + z \cdot \Delta x$$

$$x = 2 + 2z$$

$$z = \frac{x-2}{2}$$

<u>x</u>	<u>z</u>	<u>f(x)</u>	<u>Δf(x)</u>	<u>Δ²f(x)</u>
2	0	3	4	8
4	1	7	12	8
6	2	19	20	8
8	3	39	28	
10	4	67		

$$f(z) = f_0 + z \cdot \Delta f_0 + \frac{z(z-1)}{2} \Delta^2 f_0$$

$$= 3 + 4z + \cancel{8} \frac{z(z-1)}{2} \Rightarrow f(z) = 4z^2 + 3$$

$$F(z) = 4z^2 + 3$$

$$= 4 \left( \frac{x-2}{2} \right)^2 + 3 \Rightarrow F(z) = (x-2)^2 + 3$$

$$F(z) = x^2 - 4x + 7$$

II. صول

$$F(x) = f_0 + \frac{(x-x_0)}{h} \Delta f_0 + \frac{(x-x_0)(x-x_1)}{h^2 2!} \Delta^2 f_0$$

## LAGRANGE ENTERPOLASYONU

Bir  $f(x)$  fonksiyonunun,  $x_0, x_1, x_2, \dots, x_n$  gibi ayrı noktalardaki bilinen  $y_0, y_1, y_2, \dots, y_n$  değerleri varsa (bu noktaların aralıkları eşit olsun olmasın) ve  $f(x)$  fonksiyonunun enterpolasyon fonksiyonuna  $g(x)$  dersek;

$$g(x) = \sum_{i=0}^n L_i(x) y_i \text{ şeklindedir.}$$

$L_i(x)$  katsayıları

$$L_i(x) = \prod_{\substack{j=0 \\ j \neq i}}^n \frac{(x - x_j)}{(x_i - x_j)} \text{ şeklinde hesaplanır.}$$

Örnek:

Bir  $y = f(x)$  fonksiyonunun  $x_i$ 'ler için  $y_i$  değerleri şöyle olsun.

$i$	$x_i$	$y_i$
0	0	-5
1	1	1
2	3	25

$$n=2$$

$$\begin{aligned} L_0(x) &= \prod_{\substack{j=0 \\ j \neq 0}}^2 \frac{(x-x_j)}{(x_i-x_j)} = \frac{\cancel{x-x_0}}{\cancel{x_0-x_0}} \cdot \frac{x-x_1}{x_0-x_1} \cdot \frac{x-x_2}{x_0-x_2} = \frac{x-x_1}{x_0-x_1} \cdot \frac{x-x_2}{x_0-x_2} \\ &= \frac{x-1}{0-1} \cdot \frac{x-3}{0-3} \Rightarrow L_0(x) = \frac{1}{3} (x-1)(x-3) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_1(x) &= \prod_{\substack{j=0 \\ j \neq 1}}^2 \frac{(x-x_j)}{(x_i-x_j)} = \frac{x-x_0}{x_1-x_0} \cdot \frac{\cancel{x-x_1}}{\cancel{x_1-x_1}} \cdot \frac{x-x_2}{x_1-x_2} = \frac{x-x_0}{x_1-x_0} \cdot \frac{x-x_2}{x_1-x_2} \\ &= \frac{x-0}{1-0} \cdot \frac{x-3}{1-3} \Rightarrow L_1(x) = -\frac{1}{2} (x^2-3x) \end{aligned}$$



$$L_2(x) = \prod_{\substack{j=0 \\ j \neq 2}}^2 \frac{(x-x_j)}{(x_i-x_j)} = \frac{x-x_0}{x_2-x_0} \frac{x-x_1}{x_2-x_1} = \frac{x-0}{3-0} \frac{x-1}{3-1} = \frac{1}{6} (x^2-x)$$

$$g(x) = \frac{1}{3} (x-1)(x-3)(-5) + \left(-\frac{1}{2}\right) (x^2-3x)(1) + \frac{1}{6} (x^2-x)(25)$$

$$g(x) = 2x^2 + 4x - 5 \quad \text{bulunur.} \quad \Rightarrow \quad g(1) = 1 \quad g(2) = 11$$

PRNEK:

$i$	$x$	$y$
0	3	1
1	7	-8
2	15	-22
3	22	-9

$$n=3$$

$$g(x) = \sum_{i=0}^3 L_i(x) y_i$$

$$L_0(x) = \prod_{\substack{j=0 \\ j \neq 0}}^3 \frac{x-x_j}{x_i-x_j} = \frac{x-x_1}{x_0-x_1} \frac{x-x_2}{x_0-x_2} \frac{x-x_3}{x_0-x_3} = -\frac{1}{912} (x-7)(x-15)(x-22)$$

$$L_1(x) = \prod_{\substack{j=0 \\ j \neq 1}}^3 \frac{x-x_j}{x_i-x_j} = \frac{x-x_0}{x_1-x_0} \frac{x-x_2}{x_1-x_2} \frac{x-x_3}{x_1-x_3} = \frac{1}{480} (x-3)(x-15)(x-22)$$

$$L_2(x) = \prod_{\substack{j=0 \\ j \neq 2}}^3 \frac{x-x_j}{x_i-x_j} = \frac{x-x_0}{x_2-x_0} \frac{x-x_1}{x_2-x_1} \frac{x-x_3}{x_2-x_3} = -\frac{1}{672} (x-3)(x-7)(x-22)$$

$$L_3(x) = \prod_{\substack{j=0 \\ j \neq 3}}^3 \frac{x-x_j}{x_i-x_j} = \frac{x-x_0}{x_3-x_0} \frac{x-x_1}{x_3-x_1} \frac{x-x_2}{x_3-x_2} = \frac{1}{1995} (x-3)(x-7)(x-15)$$

$$g(x) = -\frac{1}{912} (x-7)(x-15)(x-22) + \frac{1}{480} (x-3)(x-15)(x-22)(-8) - \frac{1}{672} (x-3)(x-7)(x-22)(-22) + \frac{1}{1995} (x-3)(x-7)(x-15)(-9)$$

$$g(4) = -1.0296854$$

$$g(10) = -14.973684$$