

بنام خدا

سمینار درس بازشناسی الگو

Pattern Matching Techniques

Dynamic Time Warping (DTW)

استاد: دکتر کبیر

ارایه: سامان پروانه

مقدمه:

* صورت مسئله چیست؟

* الگوهای رایج با تغییر زمانی:

- سیگنال گفتار

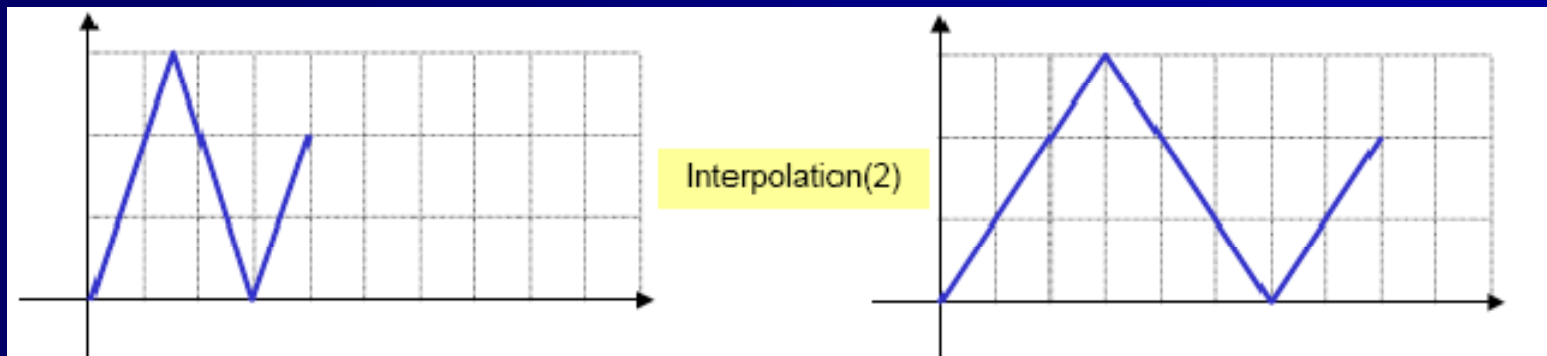
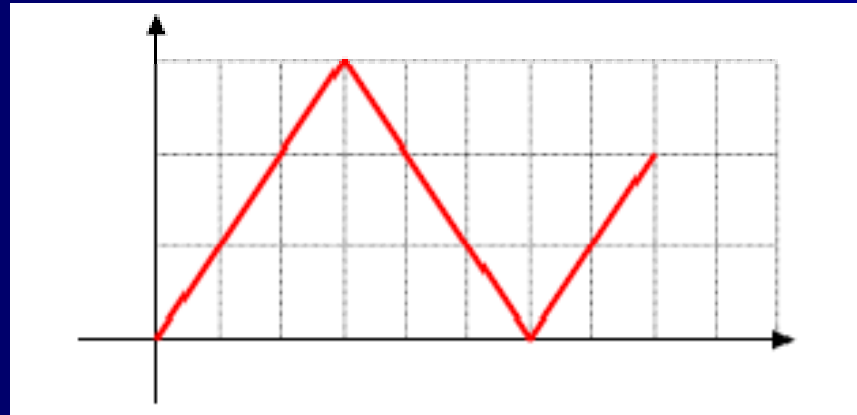
- مسائل اقتصادی

- سیگنالهای بیولوژیک

...

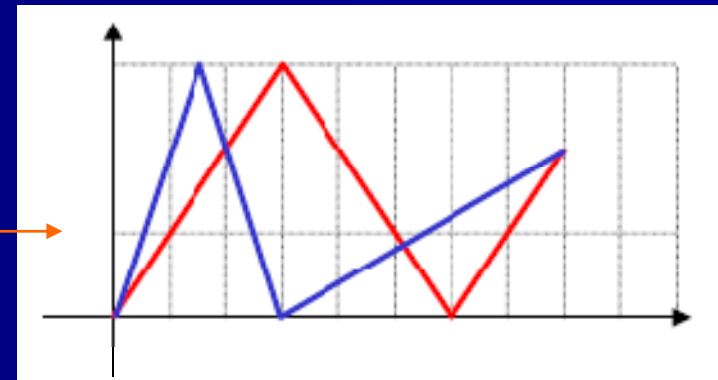
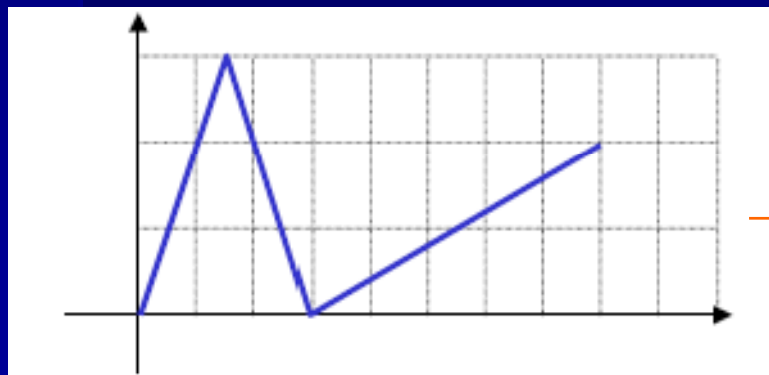
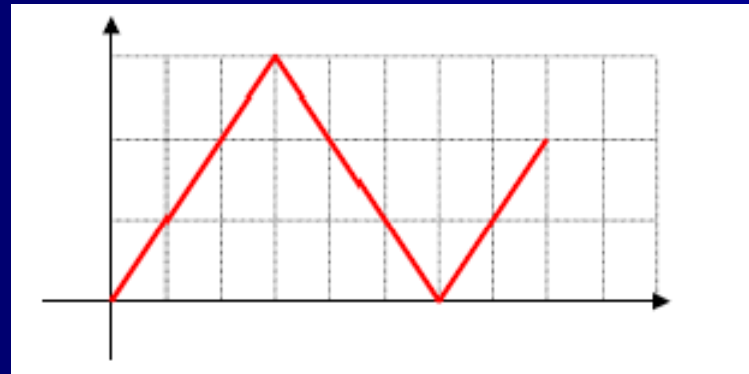
تغییرات زمانی:

۱- یکنواخت: Upsample و Downsample



تغییرات زمانی:

۱- غیریکنواخت: برای مثال در واجها (Phoneme) در گفتار



تعاریف:

- یک تکنیک تطبیق الگوی الاستیک است که هدفش پیدا کردن یک alignment بهینه بین دو توالی است.
- در آن از یک معیار محلی بین نقاط استفاده می‌کنیم.

دو بردار ویژگی بصورت زیر داریم:

$$x[n] = \{x[0], x[1], \dots, x[n_x - 1]\}$$

$$y[n] = \{y[0], y[1], \dots, y[n_y - 1]\}$$

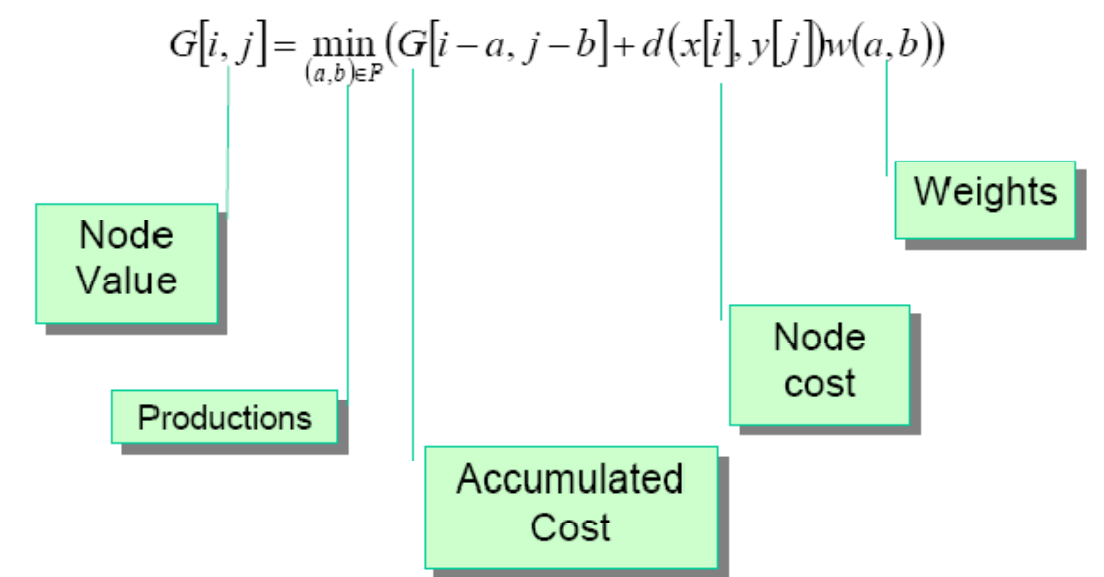
n_x : Length of Object x

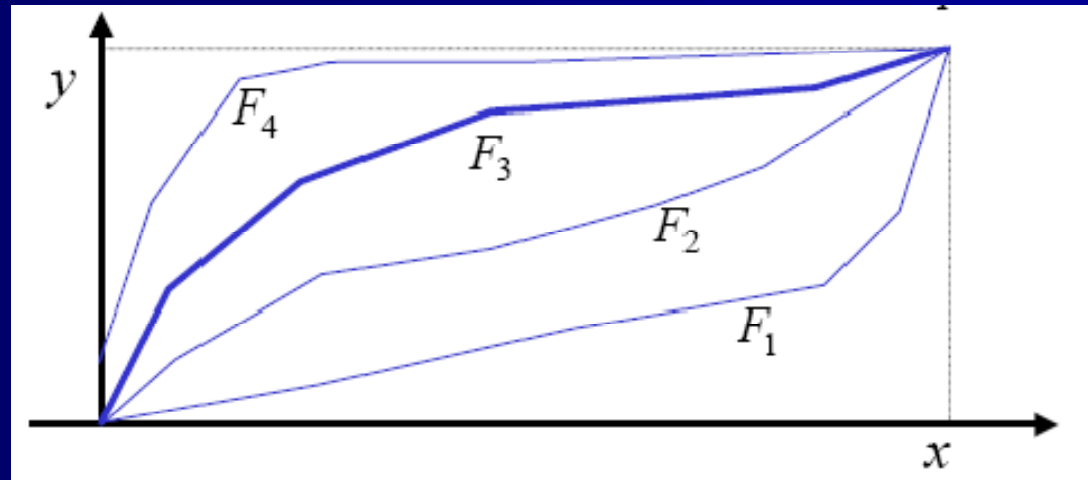
n_y : Length of Object y

n_F : Length of Alignment Path

	$x[0]$	$x[1]$	$x[2]$	$x[3]$...	$x[n_x - 1]$
$y[0]$	•	•	•	•	...	•
$y[1]$	•	•	•	•	...	•
$y[2]$	•	•	•	•	...	•
\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots		\vdots
$y[n_y - 1]$	•	•	•	•	...	•

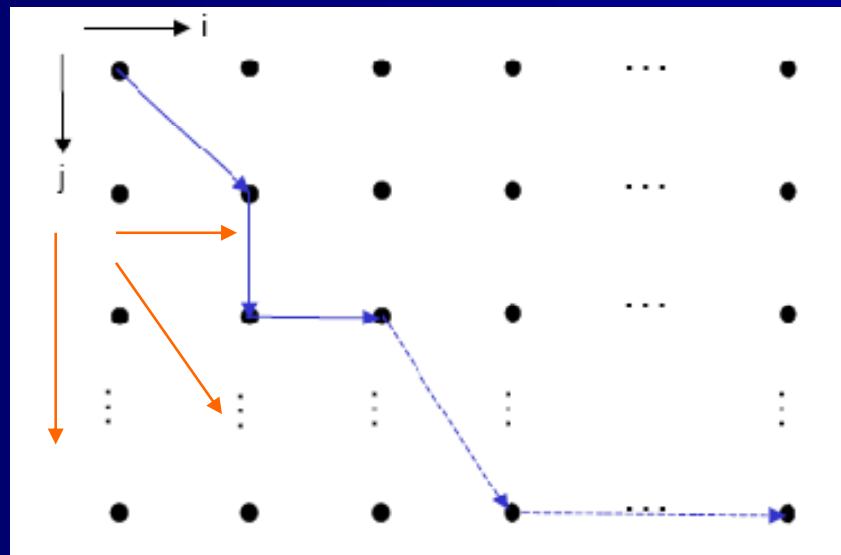
$$G = \{g_{ij}\} = \begin{pmatrix} G[0,0] & G[1,0] & \dots & G[n_x - 1,0] \\ G[0,1] & & \dots & \dots \\ \dots & & \dots & \dots \\ G[0,n_y - 1] & G[1,n_y - 1] & \dots & G[n_x - 1,n_y - 1] \end{pmatrix}$$





مسیر alignment

$$F = \{(i[0], j[0]), (i[1], j[1]), \dots, (i[k], j[k]), \dots, (i[K-1], j[K-1])\}$$

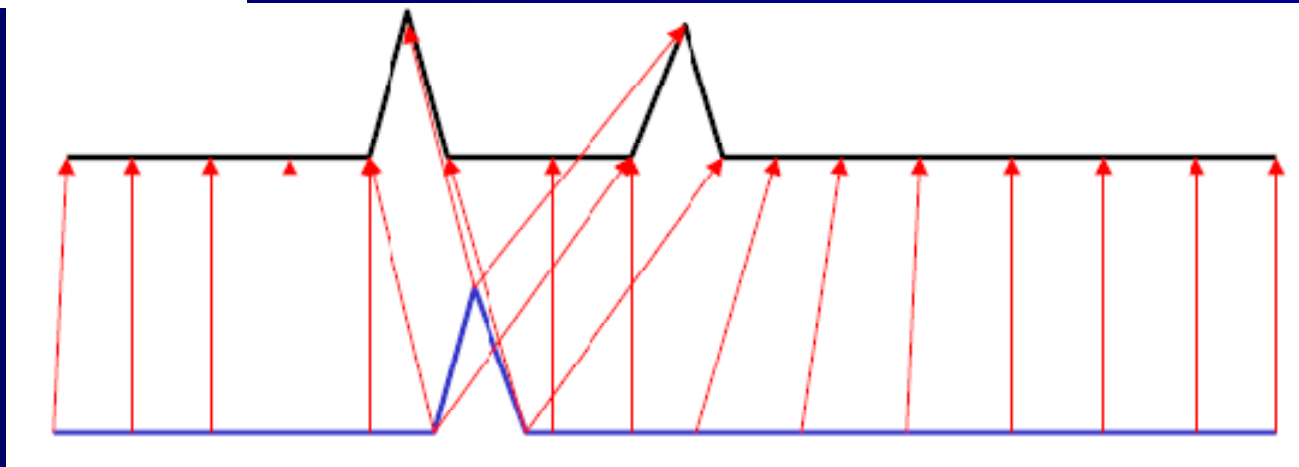
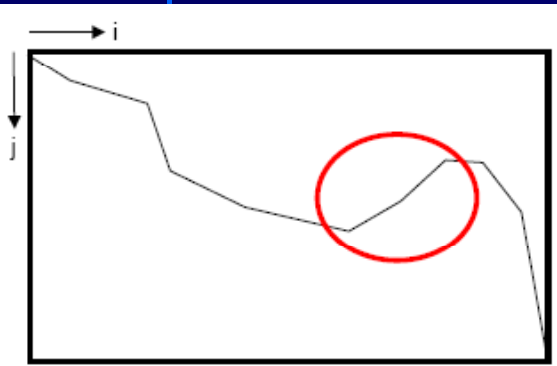


Change or Substitution : $\{G[i, j], G[i + 1, j + 1]\} \rightarrow w(1,1)$

ویژگیهای مسیر alignment:

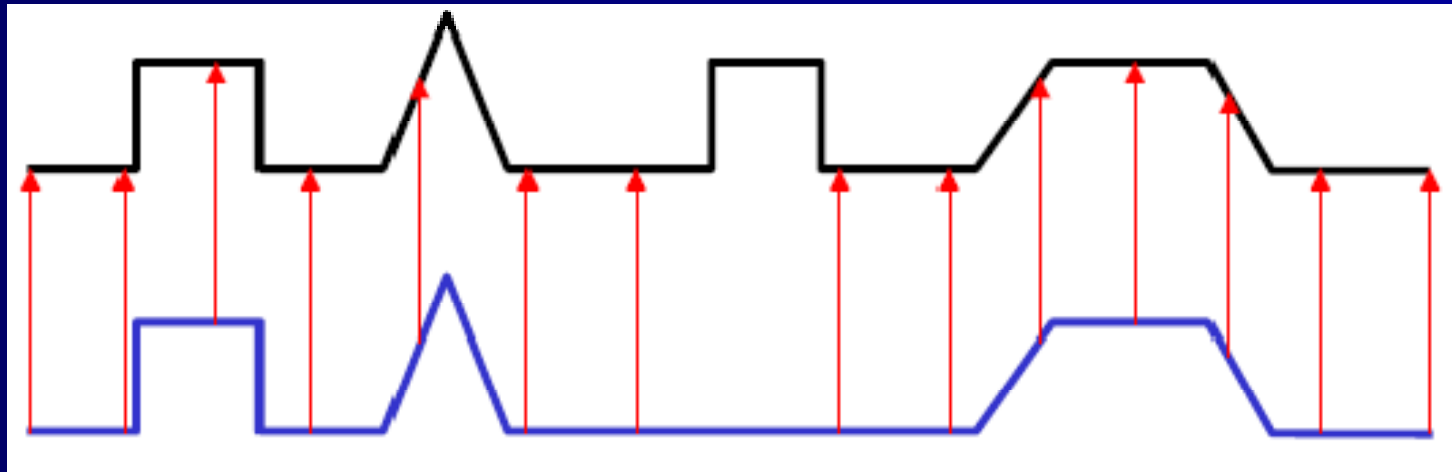
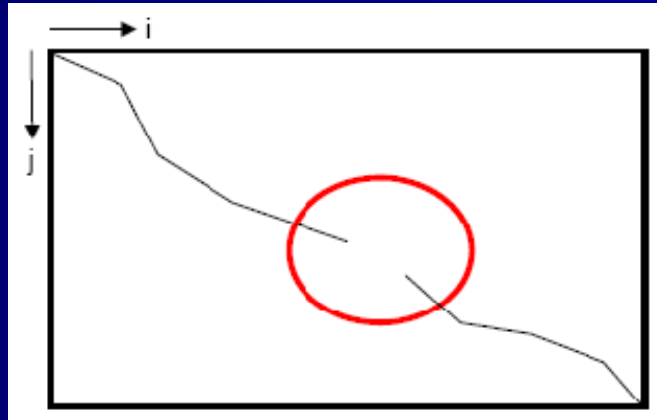
$$i[k] \leq i[k+1], j[k] \leq j[k+1]$$

۱- یکنوا است:



ویژگیهای مسیر alignment:

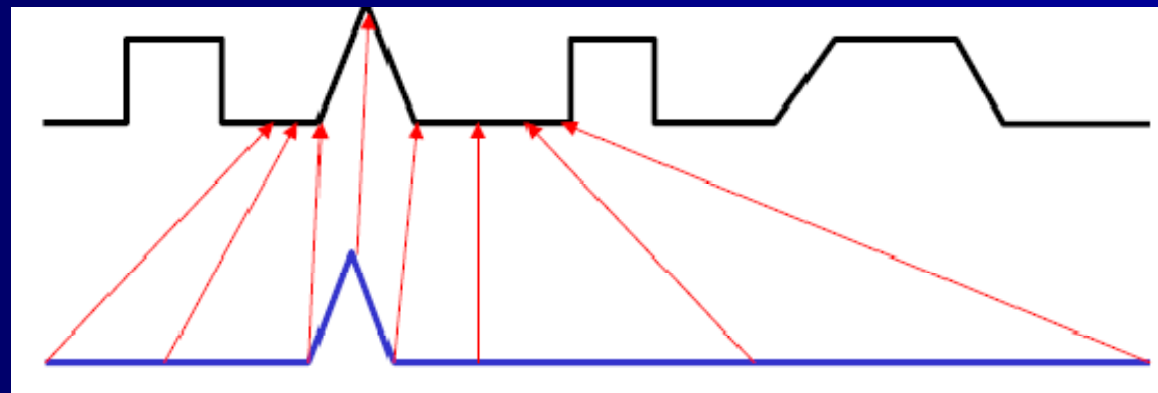
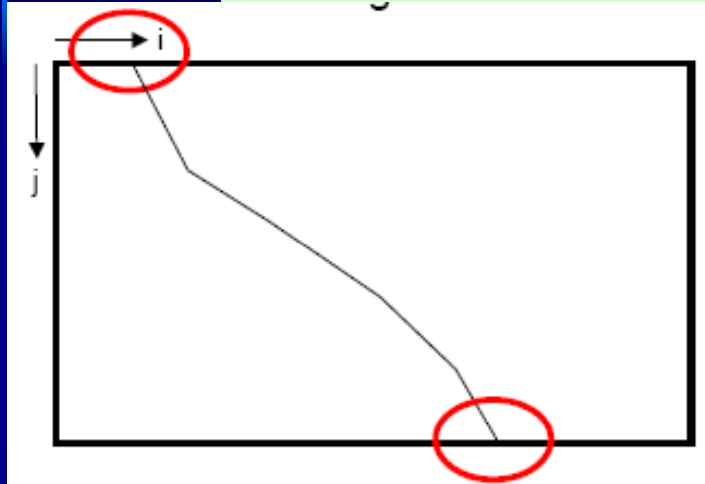
۲- پیوسته است:



ویژگیهای مسیر alignment:

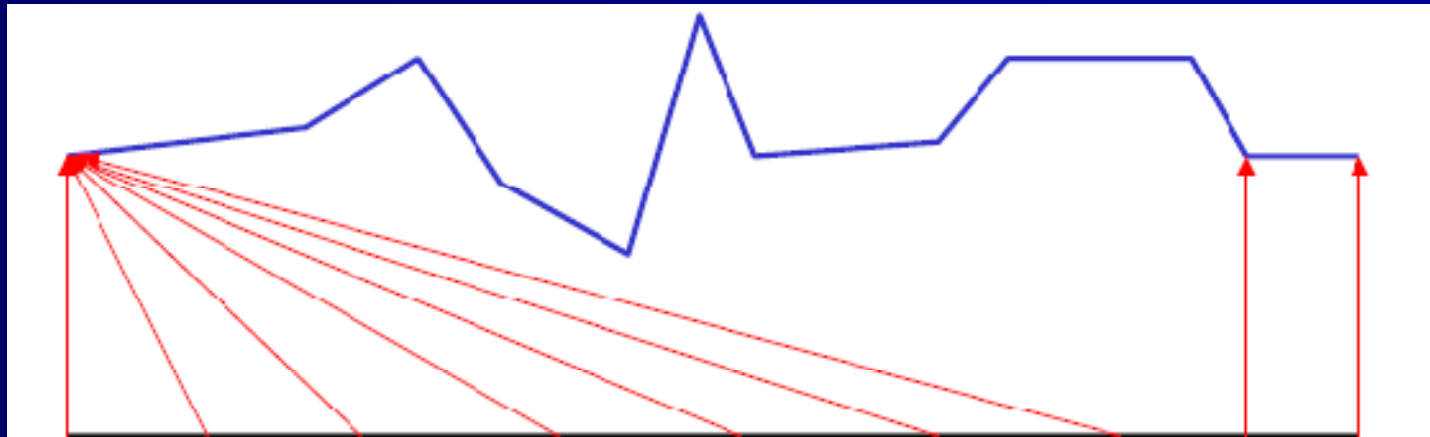
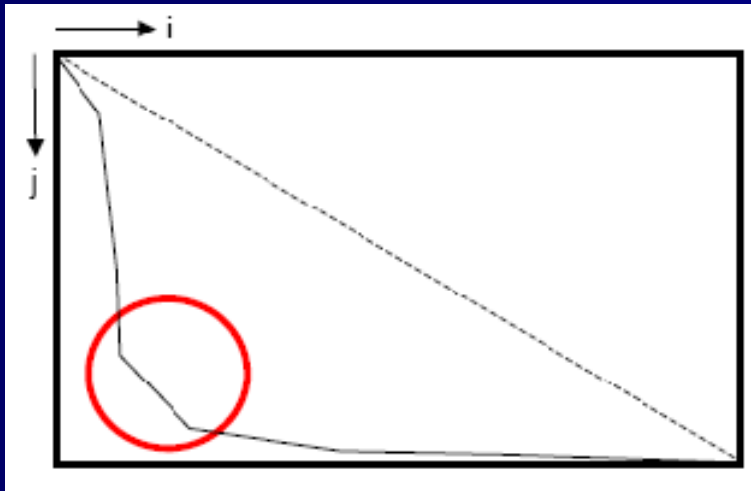
$$i[0] = j[0] = 0, i[K-1] = I-1, j[K-1] = J-1$$

۲- مرزها:

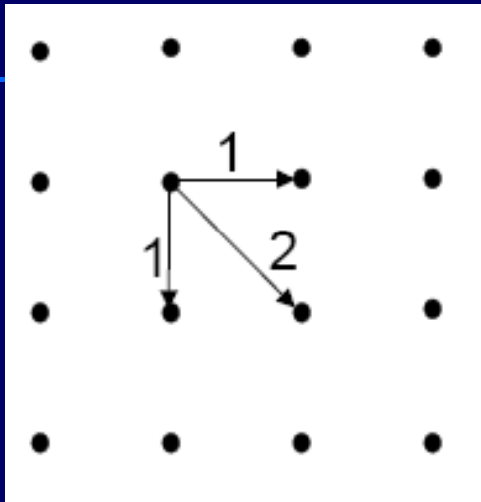


ویژگیهای مسیر alignment:

۲- نزدیک مسیر یکه باشد:

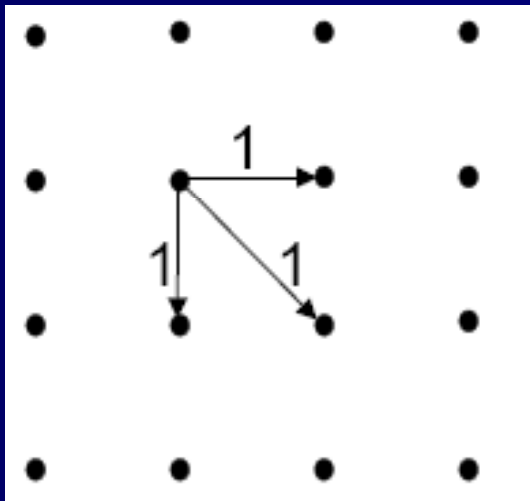


قیدهای محلی:



$$G[0,0] = 2d[0,0]$$

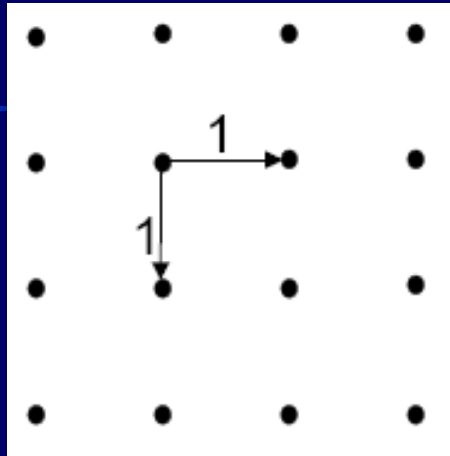
$$G[i,j] = \min \begin{cases} G[i,j-1] + d[i,j] \\ G[i-1,j-1] + 2d[i,j] \\ G[i-1,j] + d[i,j] \end{cases}$$



$$G[0,0] = d[0,0]$$

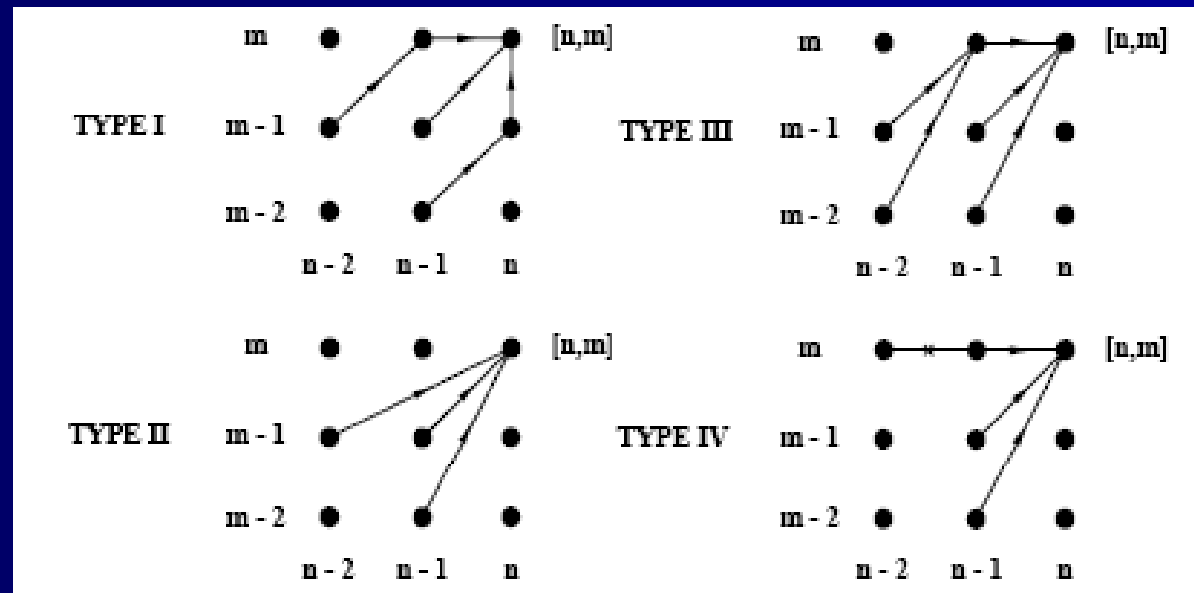
$$G[i,j] = \min \begin{cases} G[i,j-1] + d[i,j] \\ G[i-1,j-1] + d[i,j] \\ G[i,j-1] + d[i,j] \end{cases}$$

قیدهای محلی:



$$G[0,0] = 2d[0,0]$$

$$G[i,j] = \min \begin{cases} G[i, j-1] + d[i,j] \\ G[i-1, j] + d[i,j] \end{cases}$$



تابع ارزش محلی:

$$d(i, j) = |x[i] - y[j]|$$

$$d(i, j) = x[i]y[j] - \beta P(F)$$

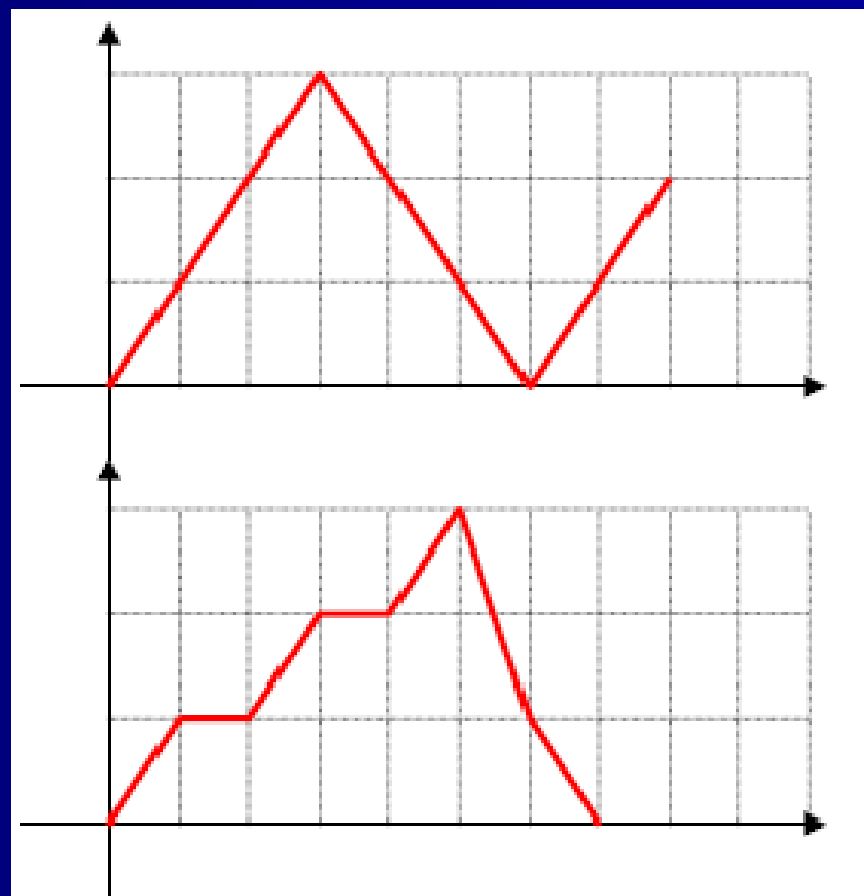
$$d(i, j) = \begin{cases} 0, & \text{if } x[i] = y[j] \\ 1, & \text{Otherwise} \end{cases}$$

$$d(i, j) = \left| \frac{x[i+1] - x[i-1]}{2} - \frac{y[j+1] - y[j-1]}{2} \right|$$

مثال:

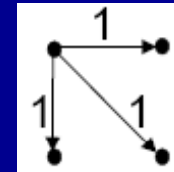
$$x[n] = \{0,1,2,3,2,1,0,1,2\}$$

$$y[n] = \{0,1,1,2,2,3,1,0\}$$



مثال:

$$d(i, j) = |x[i] - y[j]|$$

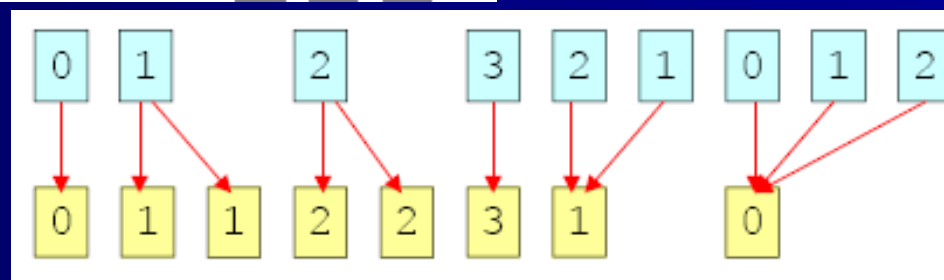


		$x[n]$								
		0	1	2	3	2	1	0	1	2
$y[n]$	0	0	1	2	3	2	1	0	1	2
	1	1	0	1	2	1	0	1	0	1
	1	1	0	1	2	1	0	1	0	1
	2	2	1	0	1	0	1	2	1	0
	2	2	1	0	1	0	1	2	1	0
	3	3	2	1	0	1	2	3	2	1
	1	1	0	1	2	1	0	1	0	1
	0	0	1	2	3	2	1	0	1	2

		0	1	2	3	2	1	0	1	2
0	0	0	1	3	6	8	9	9	10	12
1	1	1	0	1	3	4	4	5	5	6
1	2	2	0	1	3	4	4	5	5	6
2	4	4	1	0	1	1	2	4	5	5
2	6	6	2	0	1	1	2	4	5	5
3	9	9	4	1	0	1	3	5	6	6
1	10	10	4	2	2	1	1	2	2	3
0	10	10	5	4	5	3	2	1	2	4

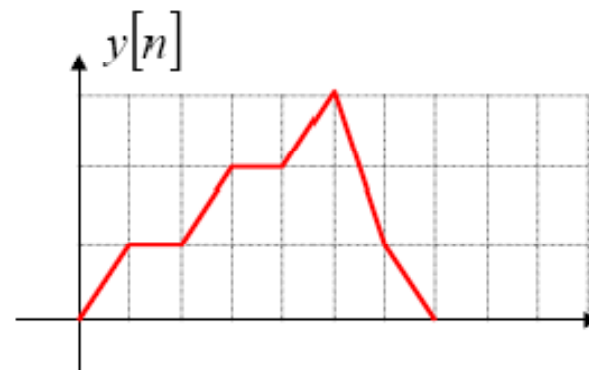
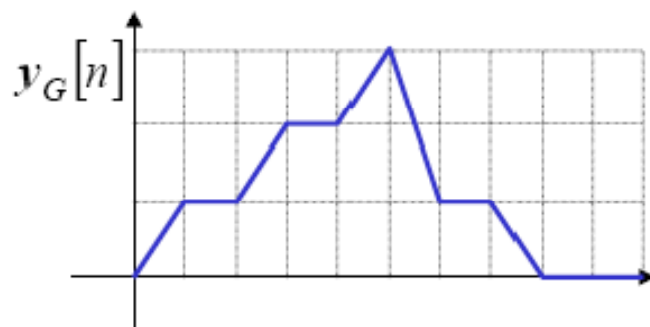
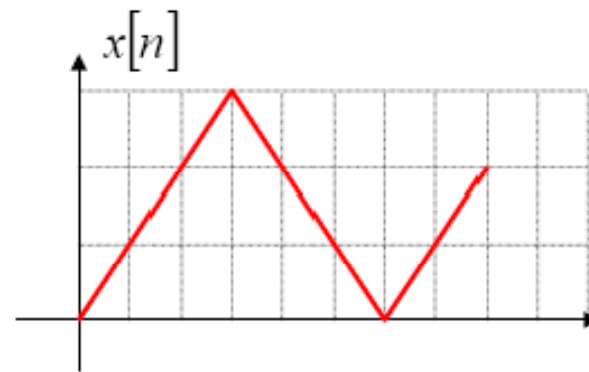
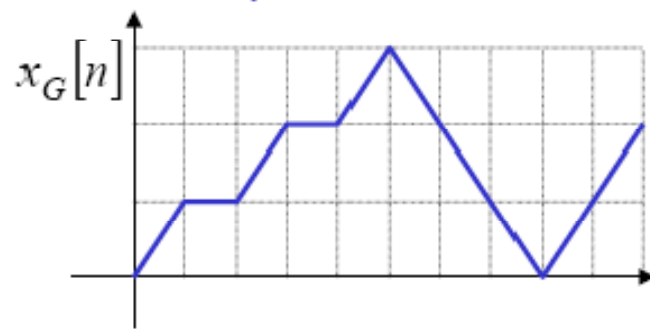
مثال:

	0	1	2	3	2	1	0	1	2
0	0	1	3	6	8	9	9	10	12
1	1	0	1	3	4	4	5	5	6
1	2	0	1	3	4	4	5	5	6
2	4	1	0	1	1	2	4	5	5
2	6	2	0	1	1	2	4	5	5
3	9	4	1	0	1	3	5	6	6
1	10	4	2	2	1	1	2	2	3
0	10	5	4	5	3	2	1	2	4



0	1	1	2	2	3	2	1	0	1	2
0	1	1	2	2	3	1	1	0	0	0

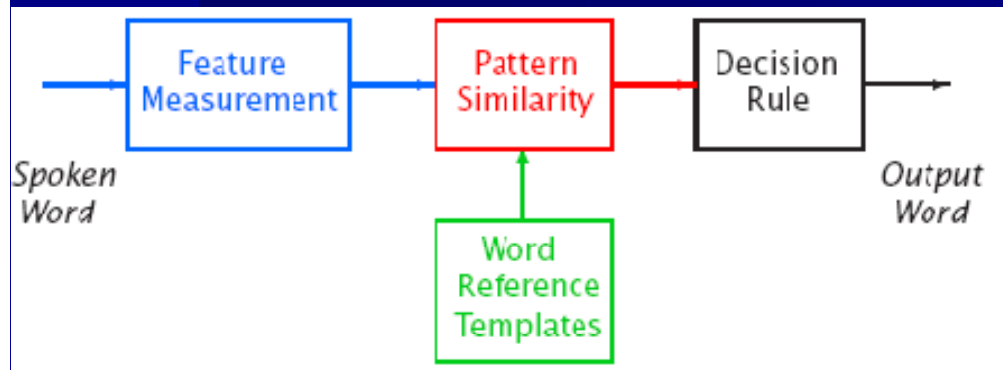
• Example.



- Speech Recognition
- String Matching
- Handwritten Character Recognition
- Object Recognition
- Curve Alignment

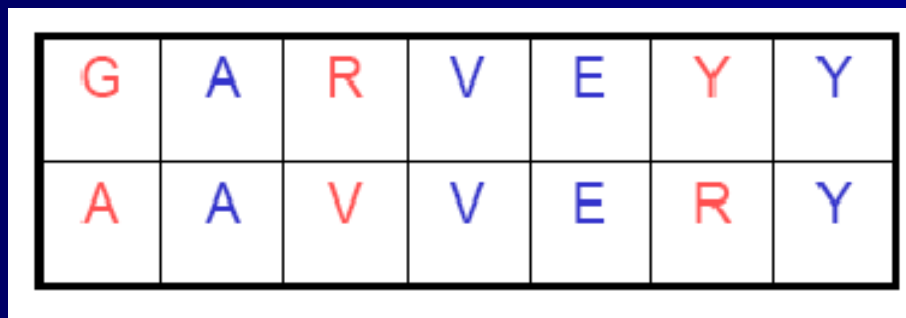
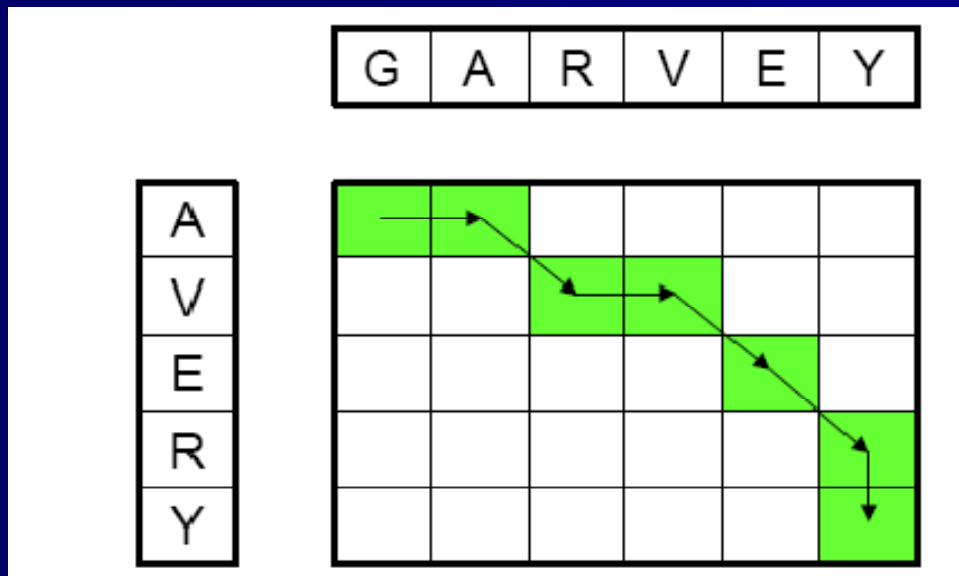
Speech Recognition:

- ۱- برای هر کلمه که می‌خواهیم بازشناسی کنیم حداقل یک مرجع در نظر می‌گیریم.
- ۲- یک کلمه را از ورودی ضبط می‌کنیم.
- ۳- استخراج ویژگی می‌کنیم. (برای مثال ضرایب LPC را بدست می‌آوریم)



- ۴- شباهت‌سنجی با کلمات مرجع

String Matching:



$$\frac{3}{7} = 0.43$$

Curve Alignment:

