Aproksymacja krawędzi

Od wielu lokalnych cech (*edge elements*) do spójnej, jednowymiarowej cechy (*edge*).

Różne podejścia:

- szukanie w pobliżu wstępnej aproksymacji
- transformacja Hough'a.

Wiedza o obiektach:

- globalna forma brzegów
  - linie proste
  - łuki
  - krzywe stożkowe
- ogólne założenia co do treści obrazu
  - możliwie krótka droga pomiędzy dwoma punktami
  - ograniczona krzywizna linii

Metoda strojenia krawędzi znanych *a priori*

Założenie: znamy przybliżenie krawędzi (np. z obrazu o małej rozdzielczości).

Wzdłuż wstępnej aproksymacji krawędzi szukamy najbliższych lokalnych elementów krawędzi o podobnej orientacji (kierunku gradientu). Jeśli jest ich dostatecznie dużo, to przeprowadzamy aproksymację odpowiednim wielomianem w celu uzyskania ostatecznej krawędzi.

Metoda korelacji w przestrzeni krawędzi

Założenie: mamy wzorzec (szablon) krawędzi.

Badamy zgodność lokalnych elementów krawędzi z szablonem:

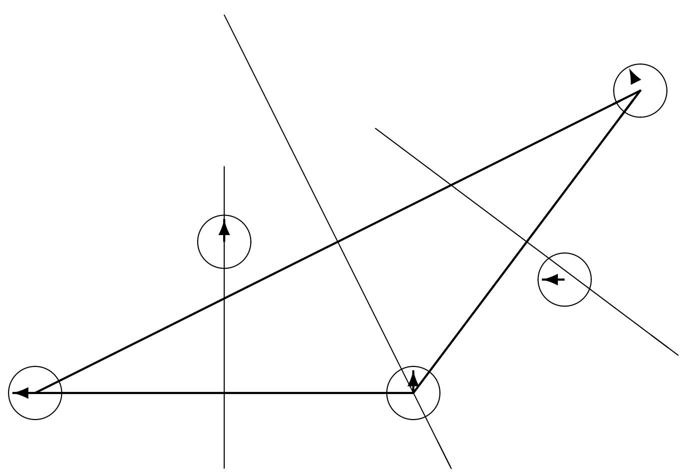
- czy kierunek gradientu otrzymanego z lokalnego operatora jest prostopadły do modelowej krawędzi
- czy moduł gradientu przekracza zadany próg

Ilość dopasowanych punktów decyduje o przyjęciu, lub odrzuceniu bieżącego położenia krawędzi.

Metoda kolejnych podziałów

Założenie: Krzywizna krawędzi jest mała.

Wzdłuż symetralnej odcinka łączącego dwa punkty należące do aktualnego przybliżenia krawędzi szukamy lokalnego elementu krawędzi. Jeżeli jest dostatecznie blisko, to dołączamy go do nowego pzybliżenia. Ta sama metoda stosowana jest rekurencyjnie do dwóch otrzymanych odcinków krawędzi.



Warunkiem stopu tak otrzymanej rekurencji może być wielkość odchylenia otrzymanych punktów od prostej lub długość otrzymanych odcinków.

Transformacja Hough-a

U.S. Patent 3,069,654 : "Method and means for recognizing complex patterns" (1962)

Założenia:

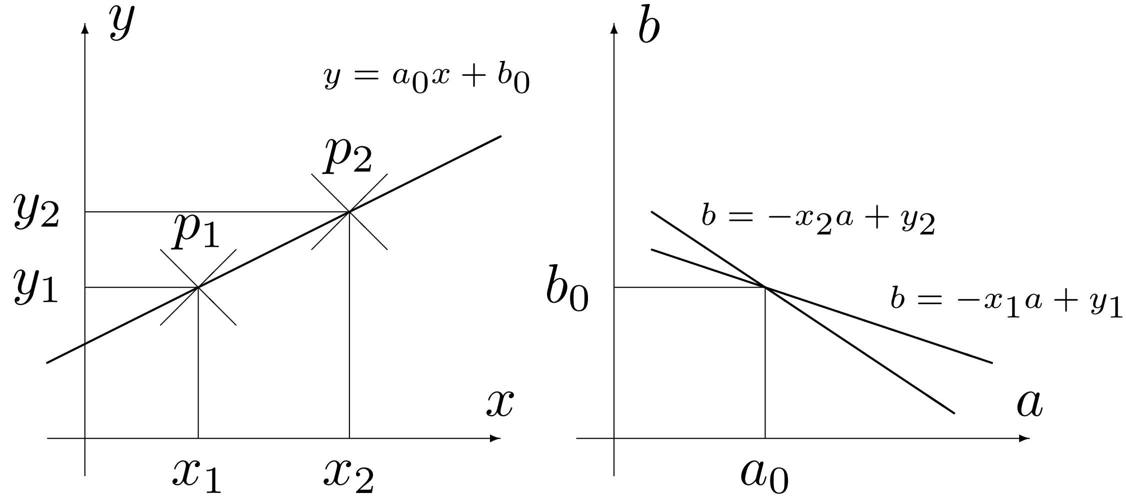
- nie znamy położenia krawędzi
- mamy informacje (lub czynimy założenia) o jej kształcie
- możliwe jest dokonanie prostej parametryzacji krzywej opisującej kształt krawędzi (w ogólnym przypadku - linii)

Zalety:

- mała wrażliwość na nieciągłości obrazu linii
- mała wrażliwość na zaszumienie obrazu
- prosta realizacja programowa

Wykrywanie prostych

$$y = ax + b$$



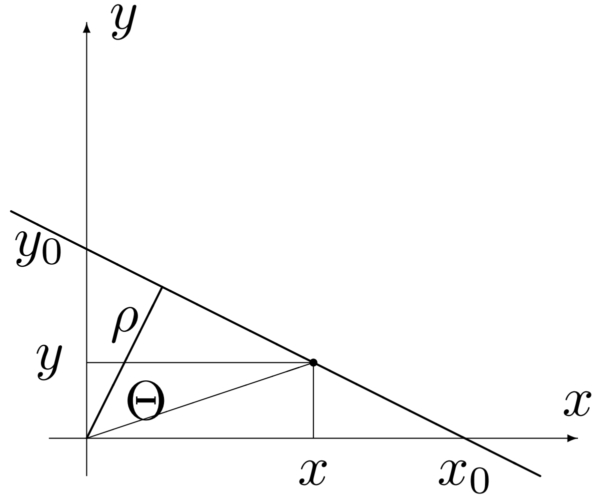
$$\begin{array}{lll} p_1(x_1, y_1) & y_1 = ax_1 + b & b = -x_1a + y_1 \\ p_2(x_2, y_2) & y_2 = ax_2 + b & b = -x_2a + y_2 \end{array}$$

$$(a_0, b_0) \qquad y = a_0x + b_0 \qquad \left\{ \begin{array}{ll} y_1 & = a_0x_1 + b_0 \\ y_2 & = a_0x_2 + b_0 \end{array} \right.$$

```
/* algorytm wykrywania prostych */

int OBR[MAX_x][MAX_y];   /* obraz dyskretny */
int PAR[MAX_a][MAX_b];   /* macierz parametrow */
int WYNIK[2][MAX_l];    /* tablica wynikow */
int x,y;    /* biezace wspolrzedne punktow */
int a,b;    /* biezace wartosci parametrow */
int i;      /* biezacy wskaznik tablicy wynikow */

/* dla wszystkich wyroznionych punktow obrazu */
for ( x=0 , x<MAX_x , x++ )
    for ( y=0 , y<MAX_y , y++)
        if ( WYROZNIONY(OBR[x][y])
/* zwieksz PAR[a][b] lezace na linii b=-xa+y */
            ZWIEKSZ_LINIE(x,y);

/* znajdz lokalne maksima PAR[][] */
for ( a=0, i=0; a<MAX_a; a++ )
    for ( b=0; b<MAX_b; b++ )
        if ( LOK_MAX(PAR[a][b]) )
            WYNIK[0][i]=a; WYNIK[1][i++]=b;
```

Lepsza parametryzacja prostej

$$\rho = x \sin \Theta + y \cos \Theta$$



Ważna własność: dla ograniczonego obszaru obrazu (zakresu zmienności (x, y)), zakres zmienności parametrów (ρ, Θ) jest również ograniczony.

Dowolne krzywe opisane równaniem parametrycznym

$$\Psi(\mathbf{X}, \mathbf{A}) = 0$$

gdzie $\mathbf{X}$ - wektor na obrazie (x, y), $\mathbf{A}$ - wektor w przestrzeni parametrów.

Przykład: okrąg o trzech parametrach x_s, y_s, r:

$$(x - x_s)^2 + (y - y_s)^2 = r^2 \; ; \; \mathbf{X} = (x, y) \; ; \; \mathbf{A} = (x_s, y_s, r)$$

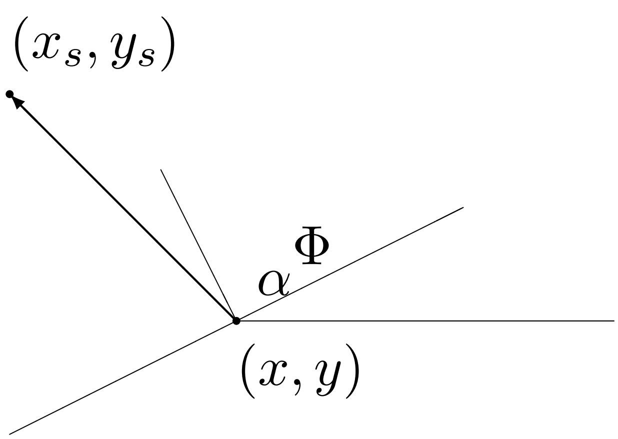
zwiększane będą w przestrzeni parametrów punkty (x_s, y_s, r) leżące na powierzchni stożka. Dla ustalonego promienia r w przestrzeni parametrów (x_s, y_s) otrzymamy okrąg.

Wykorzystanie kierunku gradientu: zwiększane będą tylko punkty leżące w kierunku zgodnym z kierunkiem gradientu Φ w odległości r od punktu (x, y):

$$\begin{cases} x_s & = x - r \sin \Phi \\ y_s & = y + r \cos \Phi \end{cases}$$

Uogólnienie dla dowolnego kształtu

Parametryzacja kształtu krawędzi przy pomocy R-tablicy (*R-table*) opisującej promień wodzący i kąt biegunowy w funkcji kierunku gradientu:



Dla punktu (x, y) leżącego na krawędzi sylwetki i mającego kierunek gradientu Φ otrzymujemy na podstawie R-tablicy możliwe położenia środka sylwetki:

$$\begin{cases} x_s &= x + r_i(\Phi)\cos(\alpha_i(\Phi)) \\ y_s &= y + r_i(\Phi)\sin(\alpha_i(\Phi)) \end{cases} \qquad \mathbf{A} = (x_s, y_s)$$

R-tablica dla dowolnej orientacji i skali

Dla czterowymiarowej przestrzeni parametrów:

$$\mathbf{A} = (x_s, y_s, S, \Theta)$$

gdzie S oznacza współczynnik skali, a Θ - kąt obrotu sylwetki względem położenia wzorcowego (w R-tablicy):

$$\begin{cases} x_s & = x + r_i(\Phi) S \cos(\alpha_i(\Phi) + \Theta) \\ y_s & = y + r_i(\Phi) S \sin(\alpha_i(\Phi) + \Theta) \end{cases}$$