

Citra integral

Perhitungan menggunakan fitur lebih dipilih karena lebih cepat jika dibandingkan dengan perhitungan menggunakan pixel.

Resolusi dasar dari program pendeteksi obyek adalah 30 x 30 pixel. Jumlah fitur yang mungkin dari area seluas ini sangat besar. Setiap fitur ini akan sangat efektif dihitung dengan menggunakan citra integral (*integral images*)[2] yang juga disebut sebagai *summed area tables*[3]. Citra integral I adalah representasi tengah (*intermediate*) untuk citra dan terdiri dari jumlah nilai keabu-abuan (*grayscale pixel*) dari citra N dengan tinggi y dan lebar x . Perumusannya adalah sebagai berikut:

$$I(x, y) = \sum_{x'=0}^x \sum_{y'=0}^y N(x', y')$$

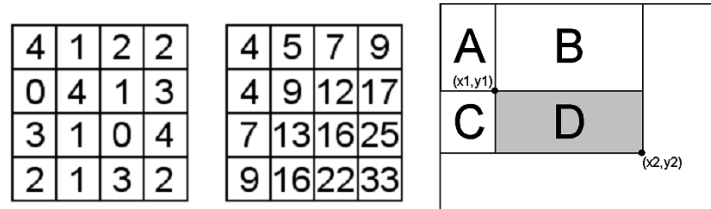
Citra integral dihitung secara rekursif sebagai berikut:

$$I(x, y) = I(x, y - 1) + I(x - 1, y) + N(x, y) - I(x - 1, y - 1)$$

Dengan kondisi:

$$I(-1, y) = I(x, -1) = I(-1, -1) = 0$$

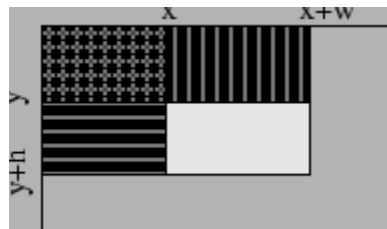
Sehingga hanya membutuhkan satu kali *scan* pada citra masukan.



Gambar 1. Citra integral. Kiri: Masukan sederhana dari citra integral, Tengah: Hasil perhitungan citra integral, Kanan: Dengan menggunakan citra integral menghitung penjumlahan dari daerah D.[4]

Representasi tengah (*intermediate*) dari citra ini memungkinkan perhitungan nilai fitur kotak (*rectangular*) yang berwarna putih pada gambar di bawah pada titik (x, y) dengan tinggi dan lebar (h, w) menggunakan empat referensi perhitungan adalah sebagai berikut:

$$F(x, y, h, w) = I(x, y) + I(x + w, y + h) - I(x, y + h) - I(x + w, y)$$



Gambar 2. Perhitungan nilai fitur pada kotak putih tergantung dari nilai fitur ketiga kotak tersebut.[1]

Untuk perhitungan fitur yang berotasi, Lienhart[3] memperkenalkan *rotated summed area tables* yang terdiri dari jumlah pixel dari kotak yang berotasi 45 derajat dengan sudut paling bawah pada (x,y) dan diperlebar sampai batas dari citra.

$$I_r(x, y) = \sum_{x'=0}^x \sum_{y'=0}^{x-|x'-y|} N(x', y')$$

Untuk citra integral yang berotasi, I_r dihitung secara rekursif sebagai berikut:

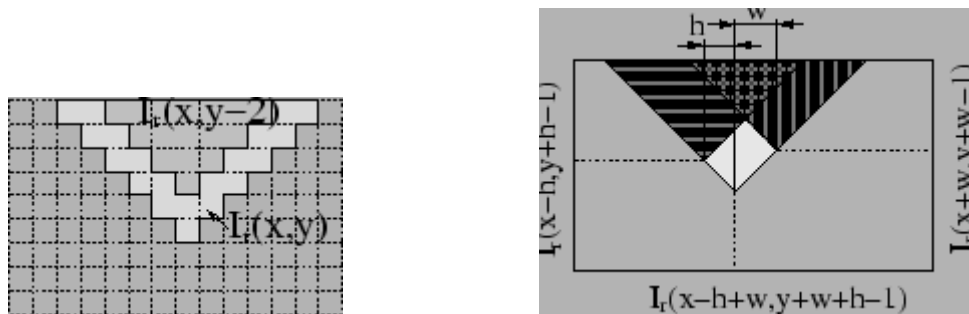
$$I_r(x, y) = I_r(x - 1, y - 1) + I_r(x + 1, y - 1) - I_r(x, y - 2) + N(x, y) + N(x, y - 1)$$

Dengan nilai awal sebagai berikut:

$$I_r(-1, y) = I_r(x, -1) = I_r(x, -2) = I_r(-1, -1) = I_r(-1, -2) = 0$$

Jumlah nilai keabu-abuan pada kotak terotasi bisa dihitung dengan formula sebagai berikut:

$$F_r(x, y, h, w) = I_r(x + w - h, y + w + h - 1) + I_r(x, y - 1) - I_r(x - h, y + h - 1) - I_r(x + w, y + w - 1)$$



Gambar 3. Kiri: Perhitungan nilai citra integral berotasi I_r , Kanan: Empat perhitungan citra integral rotasi diperlukan untuk menghitung nilai fitur dari fitur berotasi F_r . [1]

Sehingga dengan menggunakan perhitungan citra integral, kita bisa menghitung penjumlahan dari nilai keabu-abuan citra pada kotak seperti pada gambar 1 dengan batas pojok kiri atas (x_1, y_1) dan pojok kanan bawah (x_2, y_2) dengan waktu yang konstan dan hanya membutuhkan empat buah perhitungan.

Referensi:

- [1] <http://www.ais.fraunhofer.de/~surmann/papers/icra2005/node12.html>
- [2] http://www.ais.fraunhofer.de/~surmann/papers/icra2005/node21.html#Viola_2004
- [3] http://www.ais.fraunhofer.de/~surmann/papers/icra2005/node21.html#Lienhart_2002
- [4] Bradley, D. 2007, Adaptive Thresholding Using Integral Image, published in the Journal of Graphics Tools. Volume 12, Issue 2. pp. 13-21. 2007. NRC 48816