Canny Edge Detector

Canny Edge Detector เป็น การหาขอบโดยใช้วิธีการของ First Derivative ของ Gaussian Filter โดยการทำ Canny Edge Detector นี้จะเป็นทำให้ภาพมีความเบลอในระดับหนึ่งก่อนเพื่อกำจัด Noise แล้ว จึงนำเอาภาพที่เบลอนั้น มาทำการหาขอบ ซึ่งการทำการเบลอภาพก่อนจะมีประโยชน์คือ ทำให้ขอบหรือ edge เล็ก ๆ ที่เป็น Texture Edge หายไปบางส่วน และจะทำให้คงเหลือขอบที่เป็น Contour Edge ได้ชัดเจนขึ้น สมการของการ Convolution เพื่อทำการหา Canny Edge Detector มีดังนี้

$$S[i,j] = G[i,j;\sigma) * I[i,j]$$

เมื่อ

I[i, j]	หมายถึง ภาพ ณ ตำแหน่ง pixel ใด ๆ
G[i, j;σ]	หมายถึง Gaussian Filter, σ คือ standard deviation หรือเรียกง่าย ว่า Sigma การกระจายค่าของ Gaussian Filter
S[i, j]	หมายถึง ผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณ ณ ตำแหน่ง pixel ใด ๆ

ค่า **G[i, j;σ]** สามารถหาได้จาก สูตร

$$G[i,j] = e^{\frac{(i^2+j^2)}{2\sigma^2}}$$

เมื่อได้ผลลัพธ์คือ S[i, j] ออกมาแล้วจึงนำเอา S[i, j] มาทำการ Convolution กับ Filter จากสูตร

$$P[i,j] = (S[i,j+1] - S[i,j] + S[i+1,j+1] - S[i+1,j]) / 2$$
$$Q[i,j] = (S[i,j] - S[i+1,j] + S[i,j+1] - S[i+1,j+1]) /2$$

เมื่อได้ค่าของ P[i, j] และ Q[i, j] มาแล้ว ให้ทำการหาค่า M[i, j] ดังนี้

$$M[i,j] = \sqrt{P[i,j]^2 + Q[i,j]^2}$$

และเราสามารถหาค่ามุม θ จาก ค่า P[i, j] และ Q[i, j] ได้จากสูตร

$\theta[i,j] = \arctan(Q[i,j], P[i,j])$ หรือ $\theta[i,j] = \tan^{-1}(Q[i,j], P[i,j])$

Example

1. ทำการ สร้าง Gaussian Filter หรือ G[i, j] ขนาด 3x3 โดยกำหนดให้ σ = 1

ดังนั้นจะสามารถหา Gaussian Filter ดังด้านล่างนี้ จากการใช้สูตร $G[i,j] = e^{\frac{(i^2+j^2)}{2\sigma^2}}$

	-1	0	1
-1	0.367	0.607	0.367
0	0.607	1	0.607
1	0.367	0.607	0.367

หรือ

1/15 *

1	2	1
2	3	2
1	2	1

2. เมื่อได้ G[i, j] แล้ว ให้ทำเบลอภาพ โดยการหาค่า S[i, j] จากสูตร

$$S[i, j] = G[i, j; \sigma) * I[i, j]$$

ภาพ I

254	250	252	245	251	244
255	1	2	1	5	243
255	0	6	2	3	253
245	2	4	5	4	255
234	2	0	4	2	243
246	245	246	247	248	250

Mask **G**

	-1	0	1
-1	0.367	0.607	0.367
0	0.607	1	0.607
1	0.367	0.607	0.367

3. เมื่อได้ค่า s[i,j] มาแล้วให้ทำการ หาค่า P[i, j] และ Q[i, j] จากสูตร

P[i,j] = (S[i,j+1] – S[i,j] + S[i+1,j+1] – S[i+1,j]) / 2
Q[i,j] = (S[i,j] – S[i+1,j] + S[i,j+1] – S[i+1,j+1]) /2

i, j	**i, j+1**
i+1, j	**i+1, j+1**

4. ทำการหาค่า M[i, j] จากสูตร

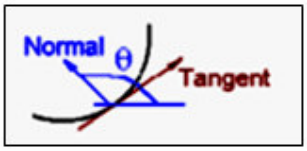
$$M[i, j] = \sqrt{P[i, j]^2 + Q[i, j]^2}$$

เราสามารถหาค่าขอบ (edge) ได้จาก การเปรียบเทียบค่า M[i, j] กับ Threshold ดังนี้

if M[i, j] > *threshold* then edge
else not edge

5. หลังจากหาขอบได้แล้ว Canny edge detector สามารถหา**ค่า normal direction** (θ)ได้อีกด้วยซึ่งค่า normal direction นี้สามารถนำมาเป็นคุณสมบัติในการทำ **Generalized Hough Transform** ได้ การหา normal direction สามารถหาได้จากสูตร

$$\theta[i,j] = \arctan(Q[i,j], P[i,j]) \quad \text{หรือ} \quad \theta[i,j] = \tan^{-1}(Q[i,j], P[i,j])$$



* normal direction บางครั้งจะเรียกว่า ค่า gradient