บทที่ 2

ทฤษฎีและและความรู้พื้นฐาน

ทฤษฎีสี (Color Fundamentals)

จากการทดลองของ เซอ ไอแซค นิวตัน (Sir Isaac Newton) ในปี ค.ศ. 1666 พบว่า [Gonzalezand Woods,1992] ลำแสงจากดวงอาทิตย์เมื่อส่องผ่านแท่งแก้วปริซึมจะไม่ได้แสงสีขาวเหมือนเดิม แต่จะได้สเปคตรัม (spectrum) ของสีที่ต่อเนื่องกัน 6 สี คือ สีม่วง สีน้ำเงิน สีเขียว สีเหลือง สีส้มและสีแดง

สีแบ่งออกเป็น 2 อย่างด้วยกันคือ

- สีของแสง (light color)
- สีของวัตถุ (object color)

ซึ่งอธิบายถึงความเหมือนกันและความแตกต่างกันของสีทั้งสองแบบได้ดังนี้ [กิตติ ไพฑูรย์-วัฒนกิจและชฎิล แก้วปลั่ง,2537; Gonzalezand Woods,1992; Low,1991]

สีของแสง (Light Color)

แสงเป็นปรากฏการณ์ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดหนึ่ง เช่นเดียวกับแสงเอ็คซ์เรย์ (x-ray) หรือการแผ่รังสีอินฟราเรด (infrared) แต่แสงที่สามารถมองเห็นได้นั้น อยู่ในช่วงความยาวคลื่นแคบๆเรียกว่าแถบคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มองเห็นซึ่งมีความยาวคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าอยู่ในช่วงประมาณ 400 - 700 นาโนเมตร

คุณสมบัติที่ทำให้เห็นสีของแสงอธิบายได้ดังนี้ แสงอะโครแม็ททิค (achromatic) กำหนดสีได้โดยวัดความเข้ม (intensity) ของแสงจะให้ค่าที่แตกต่างกันและเรียกค่าที่วัดได้เหล่านี้ว่าค่าระดับเทา(gray level) ซึ่งจะมีช่วงของสีตั้งแต่ สีดำถือว่าไม่มีสี สีเทาและสีขาว การเห็นสีในลักษณะนี้ เหมือนกับการเห็นสีของโทรทัศน์ขาวดำ สำหรับแสงโครแม็ททิค (chromatic) จากสเปคตรัมของแสงแสดงให้เห็นว่า แสงที่มีความยาวคลื่นต่างกันจะมีสีที่ต่างกันความยาวคลื่นและ

สีที่มองเห็นแสดงได้ดังตารางที่ 2.1 การเห็นสีของแสงโครแม็ททิคอธิบายได้ด้วยคุณสมบัติของค่าต่างๆ ดังนี้

- ค่าพลังงานทั้งหมดที่ปล่อยออกมาจากแหล่งกำเนิดแสง (radiance) โดยมีหน่วยในการวัดเป็นวัตต์ (watt; w) แทนค่านี้ด้วยสัญญลักษณ์ E_w
- ค่าพลังงานทั้งหมดที่วัตถุได้รับจากแหล่งกำเนิดแสง (luminance) มีหน่วยในการวัดเป็นลูเม็น (lumen; lm) แทนค่านี้ด้วยสัญญลักษณ์ E_d
- ค่าความสว่างของแสง (brightness) ในทางปฏิบัติไม่สามารถวัดหรือกำหนดค่าได้ แต่ความสว่างของแสงสามารถบอกถึงความเข้มของแสงได้ นั่นคือแสงที่มีความสว่างมากจะทำให้มีค่าความเข้มของแสงสูงด้วย

จากคุณสมบัติที่กล่าวมาสรุปได้ว่า ค่าความสว่างของแสงนั้นขึ้นอยู่กับพลังงานหรือความเข้มของแสงที่มาตกกระทบ แสงที่มีค่าความเข้มหรือพลังงานสูงจะให้ค่าความสว่างที่มากกว่าและ ค่าความบริสุทธิ์ของแสง (saturation) จะขึ้นกับค่าความแตกต่างของ ค่าพลังงาน E_w และE_d เมื่อผลต่างของสองระดับพลังงานมีค่าสูง แสดงว่าแสงนั้นมีค่าความบริสุทธิ์สูงทำให้เห็นสีของแสงที่เด่นชัดขึ้น

สีของแสง	ม่วง	น้ำเงิน	เขียว	เหลือง	ส้ม	แดง
ความยาวคลื่น (นาโนเมตร)	420	470	520	585	600	670

ตารางที่ 2.1 แสดงความยาวคลื่นและสีที่มองเห็น

สีของวัตถุ (Object Color)

ต้นกำเนิดแสง เช่น ดวงอาทิตย์ จะให้แสงที่มีความยาวคลื่นของแสงหลายค่าด้วยกัน ในช่วงที่สามารถมองเห็นได้ เพื่อทำให้เกิดแสงสีขาว (white light) เมื่อมีแสงสีขาวตกกระทบวัตถุใดๆ แสงบางช่วงความยาวคลื่นจะสะท้อนจากวัตถุและบางช่วงความยาวคลื่นจะถูกดูดกลืน โดยวัตถุผลรวมความเข้มของแสงที่สะท้อนจากวัตถุจะเป็นตัวกำหนดสีของวัตถุที่มองเห็นและเรียกค่าผลรวมความเข้มของแสงนี้ว่า สี หรือ ฮิว (hue) ของวัตถุ เช่น วัตถุสีเขียวจะสะท้อนแสง

ที่มีความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 500 - 570 นาโนเมตร และขณะเดียวกันจะดูดกลืนพลังงานทั้งหมดของแสงที่มีความยาวคลื่นอยู่ในช่วงอื่น ๆ

การกำหนดเกี่ยวกับสี

การกำหนดเกี่ยวกับสี [Gonzalez and Woods,1992] สามารถใช้ค่าต่อไปนี้เป็นตัวกำหนด หรือระบุสีใดสีหนึ่งให้แตกต่างจากสีอื่น ๆ คือค่าความสว่าง หรือ ค่าความเข้มของสี ค่าความบริสุทธิ์ของสี และ ฮิว อธิบายความหมายได้ ดังนี้

- ค่าความบริสุทธิ์ของสี ใช้อธิบายถึงสัดส่วนของแสงสีขาวที่ผสมอยู่ในสีของวัตถุใด ๆ ถ้ามีสีขาวผสมอยู่มากแสดงว่ามีความบริสุทธิ์ของสีต่ำ
- ฮิว แทนสีของวัตถุที่มองเห็นหรือ ค่าผลรวมความเข้มแสงของช่วงความยาวคลื่นของแสง ที่สะท้อนจากวัตถุ

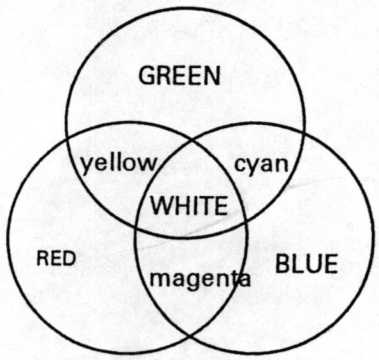
ค่าความบริสุทธิ์ของสี และฮิวรวมกันเรียกว่า โครมิแน็นซ์ (chrominance) ดังนั้น การกำหนดเกี่ยวกับสี สามารถอธิบายได้ด้วย ค่าความสว่างหรือค่าความเข้มของสี และโครมิแน็นซ์นั่นเอง

หลักการผสมสี

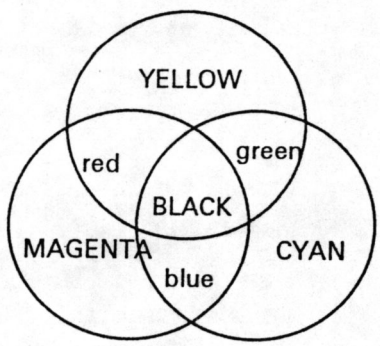
ดวงตาของมนุษย์ มีความสามารถในการตอบสนองต่อสี 3 สีด้วยกันคือ สีแดง สีเขียว และ สีน้ำเงิน การมองเห็นสีที่แตกต่างจากนี้เป็นผลมาจากการผสมกันของสีทั้งสาม และสีของแสงต่างจากสีของวัตถุ ตรงที่สีของแสงใช้หลักการผสมสีแบบเพิ่ม (additive color mixing) ส่วนสีของวัตถุใช้หลักการผสมสีแบบลด (subtractive color mixing) การผสมสีทั้งสองแบบนี้ ต่างกัน และสามารถอธิบายได้ดังนี้ [Low,1991;GonzalezandWoods,1992]

การผสมสีแบบเพิ่มเป็นการผสมสีที่ใช้ในการแสดงภาพของโทรทัศน์สีหรือจอภาพคอมพิวเตอร์มีหลักการผสมสี โดยมีสีหลัก (primary colors of light) 3 สี คือ สีแดง สีเขียวและสีน้ำเงิน การรวมกันของสีหลักนี้ ทำให้เกิดสีรอง (secondary colors of light) ดังนี้ สีม่วงแดงเข้ม (magenta) เกิดจาก สีแดงรวมกับสีน้ำเงิน สีที่อยู่ระหว่างสีเขียวกับสีน้ำเงิน (cyan) เกิดจาก

สีเขียวรวมกับสีน้ำเงิน และสีเหลืองเกิดจากสีแดงรวมกับสีเขียว และถ้าผสมสีหลักทั้ง 3 สี หรือสีรองผสมกับสีหลักที่อยู่ตรงข้ามกับสีรองนั้น จะทำให้เกิดเป็น แสงสีขาว รูปที่ 2.1 จะแสดงการผสมสีแบบเพิ่ม ส่วนรูปที่ 2.2 จะแสดงการผสมสีแบบลด ซึ่งการผสมสีแบบลดนี้ เป็นการผสมสีที่ใช้กับภาพวาด โดยมีสีหลักคือสีม่วงแดงเข้ม สีที่อยู่ระหว่างสีเขียวกับสีน้ำเงินและสีเหลือง ส่วนสีรองคือสีแดง สีเขียว สีน้ำเงินและถ้าผสมสีหลักทั้ง 3 สี หรือสีรองผสมกับสีหลักที่อยู่ตรงข้ามกับสีรองนั้นจะทำให้ได้สีดำ



รูปที่ 2.1 แสดงการผสมสีแบบเพิ่ม



รูปที่ 2.2 แสดงการผสมสีแบบลด

แบบจำลองสี (Color Model)

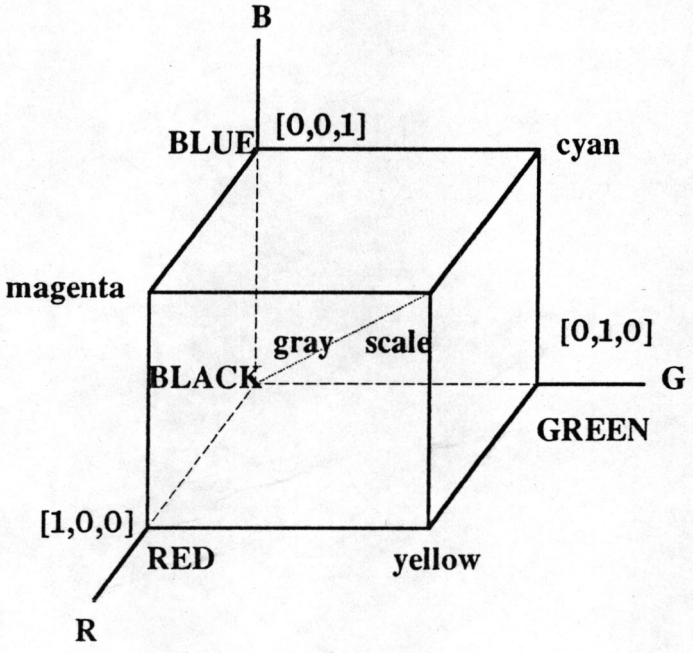
แบบจำลองของสี [กิตติ ไพฑูรย์-วัฒนกิจและชฎิล แก้วปลั่ง,2537; Gonzalezand Woods,1992; Low,1991; Ferraro,1988] ถูกกำหนดขึ้นเพื่ออำนวยความสะดวกแก่ผู้ใช้ ในการกำหนดสีของภาพหรือ สีของวัตถุให้มีความเหมือนจริงมากที่สุด ซึ่งแบบจำลองแต่ละแบบนั้นจะให้ความสะดวกในแง่ที่แตกต่างกัน เช่น แบบจำลอง RGB ให้ความสะดวกในการสร้างภาพจำลองบนจอภาพคอมพิวเตอร์ แบบจำลอง CMY ให้ความสะดวกสำหรับการพิมพ์ภาพของเครื่องพิมพ์สี และแบบจำลอง YIQ เป็นแบบจำลองที่เป็นมาตรฐานสำหรับภาพจำลองที่แสดงทางจอโทรทัศน์ นอกจากนี้ยังมีแบบจำลอง HSI และ HSV เป็นแบบจำลองที่ให้ความสะดวกในการกำหนดสีของวัตถุหรือการจัดการเกี่ยวกับภาพสี การนำแบบจำลองสีมาใช้นั้น ขึ้นอยู่กับผู้ใช้ว่าต้องการแสดงผลของภาพจำลองแบบใดหรือต้องการศึกษาคุณสมบัติเรื่องใดของภาพ แต่เมื่อนำค่าต่าง ๆ ของแต่ละแบบจำลองมารวมกันเพื่อสร้างภาพจำลองที่มีสีต่าง ๆ กันจะต้องได้ภาพที่มีลักษณะที่เหมือนกันไม่ว่าจะเป็นภาพที่สร้างจากแบบจำลองแบบใด สำหรับแบบจำลองสีที่จะกล่าวถึงในที่นี้คือ แบบจำลอง RGB และ แบบจำลอง YIQ

1. แบบจำลอง RGB (The RGB color model)

แบบจำลอง RGB สีต่างๆ ที่ปรากฏนั้นจะประกอบด้วยสีหลัก 3 สีคือ สีแดง สีเขียว และ สีน้ำเงิน สามารถแทนแบบจำลองนี้โดยใช้ รูปลูกบาศก์ขนาดหนึ่งหน่วย(the unit cube) ดังรูปที่ 2.3 โดยที่ RGB หรือ สีหลักทั้ง 3 สี จะเป็นแกนทั้ง 3 แกน ของรูปลูกบาศก์ แต่ละค่าของ RGB จะอยู่ในช่วง [0,1] และกำหนดให้ค่าที่จุดกำเนิด (origin) เป็นสีดำ [0,0,0] จุดที่อยู่ไกลจากจุดกำเนิดมากที่สุดคือ จุดปลายแทนด้วยสีขาว [1,1,1] ส่วนตามแนวเส้นทแยงมุมระหว่างจุดกำเนิดและจุดปลายคือช่วงสีเทา ที่มีค่าของ RGB เท่ากัน เช่น [0.1,0.1,0.1] หรือ [0.45,0.45,0.45] เป็นต้น และอีกสามมุมที่เหลือของรูปลูกบาศก์ แทนด้วยสีม่วงแดงเข้ม สีที่อยู่ระหว่างสีเขียวกับสีน้ำเงิน และ สีเหลือง

ภาพที่ได้จาก แบบจำลอง RGB จะประกอบด้วยระนาบของภาพ (image plane) ที่เป็นอิสระต่อกัน สามระนาบภาพและแต่ละระนาบภาพแทนสีหลักแต่ละสีของ RGB ดังนั้น เมื่อต้องการสร้างภาพจำลองบนจอภาพจะอาศัยการผสมกันของระนาบภาพทั้งสามเพื่อทำให้เกิดเป็น

สีต่างๆ ปรากฏบนจอภาพ การผสมกันของระนาบภาพทั้งสามนี้ คล้ายกับการรับรู้และสร้างสีภายในดวงตาของมนุษย์ และจอภาพคอมพิวเตอร์ ดังนั้นแบบจำลอง RGB จึงเป็นที่นิยมใช้กันมากในระบบคอมพิวเตอร์กราฟิค (computer graphic)



รูปที่ 2.3 แสดงแบบจำลองสี RGB

2. แบบจำลอง YIQ (The YIQ color model)

แบบจำลอง YIQ ใช้กันอย่างกว้างขวางในธุรกิจการสร้างภาพเพื่อแสดงทางโทรทัศน์ ทั้งนี้เพราะการเปลี่ยนแปลงระหว่างแบบจำลอง YIQ และ RGB สามารถทำได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้สะดวกในการสร้างภาพสีและค่า Y ซึ่งเป็นส่วนประกอบหนึ่งของ YIQ เพียงค่าเดียวก็เพียงพอสำหรับการสร้างภาพของโทรทัศน์ขาวดำทั้งนี้เพราะค่า Y เป็นค่าที่ใช้แทนค่าลิวมิแน็นซ์ การเปลี่ยนแปลงระหว่าง YIQ และ RGB กำหนดได้ดังนี้ (ดูรูปที่ 2.4)

$$\begin{bmatrix} Y \\ I \\ Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ 0.596 & -0.275 & -0.321 \\ 0.212 & -0.523 & 0.311 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

รูปที่ 2.4 แสดงการเปลี่ยนแปลงระหว่าง YIQ และ RGB

ดวงตาของมนุษย์จะตอบสนองถึง การเปลี่ยนแปลงของความเข้มแสง (luminance) ได้ดีกว่าการเปลี่ยนแปลงของสี (hue) หรือค่าความบริสุทธิ์ของสี (saturation) ดังนั้น แบบจำลอง YIQ จึงถูกออกแบบให้ใช้หน่วยความจำหรือจำนวนบิต (bit) สำหรับแทนค่า Y หรือ ลิวมิแน็นซ์ มากกว่าจำนวนบิตที่ใช้แสดงค่า I และ Q นั่นคือ ค่าของสีเพียงค่าเดียวแต่มีได้หลายๆ ความเข้มแสง ในงานการประมวลผลภาพ แบบจำลอง YIQ มีประโยชน์มากเพราะค่า Y หรือค่าความเข้มแสง ซึ่งมีช่วงของสีเป็นสีดำ สีเทาและสีขาวเท่านั้น จะถูกแยกออกจากค่าที่เป็นข้อมูลของสีเขียวและสีน้ำเงินคือค่า I และ Q ดังนั้นถ้าต้องการประมวลผลภาพขาวดำ สามารถนำค่า Y เพียงค่าเดียวมาใช้ประมวลผลได้เลยโดยที่ไม่ทำให้ข้อมูลสีของภาพเปลี่ยนแปลง

เนื่องจาก การวิจัยนี้ได้ใช้แผงวงจรวีดีโอบลาสเตอร์ เป็นตัวเปลี่ยนสัญญานวีดีโอเป็นข้อมูลภาพ โดยแผงวงจรนี้จะเก็บสัญญาณภาพวีดีโอในรูปแบบของ YUV [Video Blaster Developer Kit,1992] โดยกำหนดให้ Y แทนค่า ลิวมิแน็นซ์ ส่วน UV แทนค่า โครมิแน็นซ์ และอัตราส่วนของจำนวนบิตที่ใช้แสดงค่า YUV เป็น 4:1:1 กล่าวคือมีค่า Y ที่แตกต่างกันได้ 4 ค่า ขณะที่ U และ V มีได้เพียงค่าเดียว จะเห็นว่ารูปแบบการเก็บข้อมูลภาพของ YUV จะมีลักษณะเดียวกับ YIQ โดยกำหนดให้การเปลี่ยนแปลงระหว่าง YUV กับ RGB เป็น ดังนี้ (ดูรูปที่ 2.5)

$$\begin{bmatrix} Y \\ U \\ V \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.301 & 0.586 & 0.113 \\ -0.301 & -0.586 & 0.887 \\ 0.299 & -0.586 & -0.113 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

รูปที่ 2.5 แสดงการเปลี่ยนแปลงระหว่าง YUV และ RGB

สำหรับวิทยานิพนธ์นี้ มีลักษณะการประมวลผลแบบสภาวะจริง (real time) ดังนั้น ในแต่ละรอบการทำงาน จำเป็นต้องใช้เวลาในการประมวลผลให้น้อยที่สุด ภาพที่นำมาใช้ในการประมวลผลจึงเป็นภาพขาวดำ โดยจะใช้เฉพาะค่า Y หรือลิวมิแน็นซ์เท่านั้นในการประมวลผล เพราะถ้าใช้ภาพสีมาประมวลผล ต้องทำการเปลี่ยนรูปแบบของข้อมูลภาพจาก YUV เป็น RGB จากลักษณะของภาพที่เก็บแบบ RGB จะประกอบไปด้วย 3 ระนาบภาพ ซึ่งจะต้องแยกทำการประมวลผลในแต่ละระนาบภาพ ทำให้ใช้เวลาในการประมวลผลมากกว่าภาพขาวดำ

การประมวลผลภาพ (Image Processing)

การประมวลผลภาพ [Lindley,1991] เป็นการทำงานอย่างใดอย่างหนึ่งกับภาพหรือข้อมูลของภาพ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ตามวัตถุประสงค์ของงานนั้นๆ เช่น การปรับปรุงภาพให้ชัดเจนไม่พร่ามัว การทำให้ข้อมูลบางอย่างของภาพเด่นชัดกว่าข้อมูลอื่นๆ บางลักษณะงานอาจต้องการแบ่งกลุ่ม จัดประเภท หรือ วัดค่าแต่ละจุดของภาพ เพื่อนำผลที่ได้ไปใช้ในขั้นตอนต่อไป เทคนิคต่างๆ ที่ใช้ในการประมวลผลภาพแบ่งเป็นกลุ่มได้ดังนี้

- point processing เป็นการประมวลผลภาพด้วยจุดในภาพ ซึ่งเป็นวิธีการที่ง่ายไม่ซับซ้อน เพราะว่า จะทำการปรับปรุงค่าระดับความเทาของพิกเซล (pixel) ใดๆ ในภาพได้ทันที โดยที่ค่าที่ถูกปรับปรุงนี้ จะขึ้นอยู่กับค่าระดับความเทาเดิมของพิกเซลนั้นเท่านั้น

- area processing การประมวลผลภาพด้วยวิธีนี้จะซับซ้อนกว่าวิธีการแรก โดยจะทำการกำหนดบริเวณใกล้เคียง (neighborhood) หรือ กลุ่มของพิกเซลขึ้นมา ส่วนมากจะกำหนดให้จำนวนของพิกเซลเป็นเลขคี่และให้พิกเซลที่ต้องการปรับปรุงค่าระดับความเทาอยู่ตรงตำแหน่งกึ่งกลางของกลุ่มพิกเซลนั้น ค่าระดับความเทาของพิกเซลใดๆที่ถูกปรับปรุงจะขึ้นอยู่กับค่าระดับความเทาของกลุ่มพิกเซลที่เป็นบริเวณใกล้เคียงและค่าระดับความเทาเดิมของพิกเซลนั้นด้วย

- frame processing เป็นการประมวลผลภาพ โดยใช้ภาพตั้งแต่ 2 ภาพขึ้นไปมารวมกัน เพราะฉะนั้น ค่าระดับความเทาของพิกเซลใดๆ ที่ได้จากการรวมกัน นอกจากจะขึ้นอยู่กับค่าระดับความเทาเดิมของพิกเซลนั้นๆ แล้ว ยังขึ้นอยู่กับฟังก์ชันที่ใช้ในการรวมกันด้วย เช่น การนำภาพ 2 ภาพ มาบวกกัน หรือ ลบกัน เป็นต้น

- geometric processing เป็นการเปลี่ยนค่า หรือ ตำแหน่งของจุดในภาพ ขึ้นอยู่กับฟังก์ชันที่ใช้ในการเปลี่ยนแปลงทางเรขาคณิต (geometric transformation) เช่น การหมุนภาพ การย่อ หรือ ขยายภาพ เป็นต้น

การประมวลผลภาพใดๆ อาจจะต้องใช้หลายๆ วิธีการมาผสานกัน เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ตรงตามต้องการ และ มีประสิทธิผลมากที่สุด ในวิทยานิพนธ์นี้ทำการประมวลผลภาพ ด้วยวิธีการของ point processing ร่วมกับ frame processing ทั้งนี้เนื่องจาก ในแต่ละรอบการทำงานภาพที่ใช้ในการประมวลผลมีสองภาพคือ ภาพแรกเป็นภาพถนนที่ปราศจากยานพาหนะใช้เป็นภาพอ้างอิง ภาพที่สองเป็นภาพที่มียานพาหนะหรือไม่มีก็ได้ จากนั้นจะนำบางส่วนของข้อมูลภาพของทั้งสองภาพมาหาความแตกต่างของค่าระดับเทา โดยค่าระดับเทาของพิกเซลที่ทำการลบกันนั้นต้องอยู่ตำแหน่งที่ตรงกันแล้วนำผลต่างของค่าระดับเทาที่ได้ทั้งหมดนี้ไปวิเคราะห์และคำนวณหาค่าสถิติต่างๆ เพื่ออธิบายถึงลักษณะของกลุ่มข้อมูลภาพนี้ เนื่องจากการประมวลผลด้วยวิธีการของ area processing เป็นการทำงานกับกลุ่มของพิกเซล ขณะที่วิธีการของ point processing จะทำงานกับพิกเซลที่สนใจเท่านั้น ทำให้ใช้เวลาในการประมวลผลน้อยกว่าวิธีการของ area processing ส่วนวิธีการของ geometric processing มีการทำงานที่ให้ผลลัพธ์ไม่ตรงกับความต้องการของวิทยานิพนธ์นี้ เช่น การหมุนภาพ เป็นต้น ดังนั้นจึงไม่ถูกเลือกนำมาใช้ในการประมวลผลภาพ

การวัดแนวโน้มเข้าสู่ส่วนกลาง (Measures of Central Tendency)

การวัดแนวโน้มเข้าสู่ส่วนกลาง [สุทธิชัย โง้วศิริ,2523; Whipkey and Conway,1981] เป็นการหาค่าๆ หนึ่งเพื่อใช้เป็นตัวแทนของกลุ่มข้อมูล กลุ่มหนึ่ง ค่านี้จะมีค่าที่ใกล้เคียงกับค่าส่วนใหญ่ของข้อมูลในกลุ่ม

กำหนดให้ ค่าความเข้มของแสงแต่ละพิกเซลของข้อมูลภาพคือ ค่าสังเกตุหรือค่าข้อมูล 1 ค่า จะเห็นว่าค่าของข้อมูลในกลุ่มมีค่าที่แตกต่างกันออกไป เพราะฉะนั้นถ้าจะให้เลือกค่าของข้อมูลค่าหนึ่งเพื่อใช้เป็นตัวแทนของข้อมูลทั้งกลุ่ม สามารถกระทำได้หลายวิธี เช่น การเลือกใช้ค่ากลาง เมื่อนำข้อมูลที่มีอยู่ มาเรียงลำดับตามขนาดมากน้อย เรียกว่า ค่ามัธยฐาน

(Median) หรือการเลือกใช้ค่าของจำนวนข้อมูลที่เกิดบ่อยที่สุด เรียกว่า ค่าฐานนิยม (Mode) หรือ การเลือกใช้ค่าเฉลี่ย ซึ่งถือได้ว่า ใช้เป็นตัวแทนของข้อมูลทั้งกลุ่มได้ดีที่สุด ในที่นี้จะเลือกใช้วิธีการหาค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Arithmetic Mean) เพื่อใช้เป็นตัวแทนของข้อมูล ทั้งกลุ่ม มีวิธีการหาดังนี้

$$\mu = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} x_i$$

μ แทนค่าเฉลี่ยเลขคณิต

$x_{i(i=1,2,...n)}$ แทนค่าความเข้มของแสง

n แทนจำนวนข้อมูลทั้งหมด

การกระจาย (Dispersion)

ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ค่ามัธยฐานและค่าเฉลี่ยอื่นๆ เป็นลักษณะตัวแทนของข้อมูลกลุ่มหนึ่งเพียงลักษณะเดียว ส่วนลักษณะอื่นๆ ของข้อมูล เช่น ความแตกต่างไม่อาจแสดงได้โดยค่าเฉลี่ย ลักษณะของข้อมูลที่ค่าเฉลี่ยไม่อาจแสดงได้นี้มีความสำคัญไม่น้อยกว่าความโน้มเอียงเข้าสู่ส่วนกลาง

ในการเปรียบเทียบข้อมูลกลุ่มหนึ่งกับอีกกลุ่มหนึ่ง จำเป็นต้องพิจารณาถึงการกระจายควบคู่ไปกับค่าเฉลี่ยของข้อมูลเสมอไป การวัดการกระจายอาจวัดเป็นหน่วยเดียวกันกับค่าของข้อมูลจัดเป็นการกระจายสมบูรณ์ส่วนการวัดเป็นตัวเลขที่ปราศจากหน่วย เช่น เป็นร้อยละจัดเป็นการกระจายสัมพัทธ์ [สุทธิชัย โง้วศิริ,2523; Whipkey and Conway,1981]

1. การกระจายสมบูรณ์ (Absolute Dispersion)

การวัดการกระจายสมบูรณ์ มีหลายวิธี เช่น การวัดการกระจายแบบพิสัย (Range) เป็นการวัดการกระจายที่ง่ายและรวดเร็วที่สุด ค่าของพิสัยคือผลต่างระหว่างค่าสูงสุดและค่าต่ำสุดของข้อมูลในกลุ่มเป็นการใช้ค่าเพียงสองค่าเท่านั้น ไม่มีประโยชน์เท่าที่ควร เพราะค่าพิสัยที่ได้นี้ไม่ได้บอกถึงลักษณะของการกระจายข้อมูลส่วนที่เหลือ

การวัดการกระจายที่ดีที่สุดในทางสถิติคือการวัดการกระจายแบบส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) และแบบส่วนเบี่ยงเบนเฉลี่ย (Average Deviation) เป็นการวัดส่วนเบี่ยงเบนของข้อมูลแต่ละตัวจากส่วนเฉลี่ยเลขคณิตเหมือนกัน ต่างกันแต่เมื่อจะหาผลบวกของส่วนเบี่ยงเบน วิธีของส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจะนำผลบวกนั้นมายกกำลังสองก่อนเพื่อที่จะให้ส่วนเบี่ยงเบนที่เป็นค่าลบกลายเป็นค่าบวก แต่วิธีของส่วนเบี่ยงเบนเฉลี่ยจะใช้ค่าสมบูรณ์ (Absolute Value) ของส่วนเบี่ยงเบนนั้นมาหาผลบวกเลย ทำให้ใช้เวลาในการคำนวณน้อยกว่า ซึ่งผลที่ได้ก็สามารถใช้แทนกันได้ ดังนั้นจึงเลือกใช้ การวัดการกระจายสมบูรณ์แบบส่วนเบี่ยงเบนเฉลี่ย

1.1 ส่วนเบี่ยงเบนเฉลี่ย (Average Dispersion)

เป็นวิธีการวัดการกระจายของข้อมูลรอบๆค่าเฉลี่ย การกระจายจะน้อยถ้าข้อมูลอยู่ใกล้รอบๆค่าเฉลี่ยและจะมากถ้าข้อมูลอยู่ห่างจากค่าเฉลี่ยมาก คำจำกัดความส่วนเบี่ยงเบนเฉลี่ยก็คือ ส่วนเฉลี่ยแบบเลขคณิตของระยะข้อมูลทุกตัวในกลุ่มเบี่ยงเบนไปจากค่าเฉลี่ยของข้อมูลกลุ่มนั้น โดยไม่คำนึงถึงเครื่องหมาย ถ้ามีข้อมูลอยู่กลุ่มหนึ่ง $x_{i(i=1,2,...,n)}$ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเลขคณิต μ ส่วนเบี่ยงเบนเฉลี่ยคำนวณได้ดังนี้

$$AD = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} |x_i - \mu|$$

AD แทนค่าส่วนเบี่ยงเบนเฉลี่ย

$|x_i - \mu|$ แทนค่าสมบูรณ์ของส่วนเบี่ยงเบน

ถ้าแบ่งข้อมูลออกเป็นสองพวก พวกหนึ่งมีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ย และอีกพวกหนึ่งมีค่าต่ำกว่าค่าเฉลี่ยหาผลรวมของค่าข้อมูลในแต่ละพวกเพื่อคำนวณหาค่าของ AD ดังนี้

$$AD = \frac{1}{n} \left(A - B - (a-b)\mu\right)$$

A แทนผลรวมของค่าของข้อมูลที่สูงกว่า μ

B แทนผลรวมของค่าของข้อมูลที่ต่ำกว่า μ

a แทนจำนวนข้อมูลกลุ่มที่สูงกว่า μ

b แทนจำนวนข้อมูลกลุ่มที่ต่ำกว่า μ

n แทนจำนวนข้อมูลทั้งหมด

2. การกระจายสัมพัทธ์ (Relative Dispersion)

การเปรียบเทียบ การกระจายของข้อมูลสองกลุ่มสามารถกระทำได้ โดยดัดแปลงมาตรการที่ใช้ในการวัดการกระจายเป็นแบบอัตราส่วนหรือร้อยละ เช่น ใช้ส่วนเบี่ยงเบนเฉลี่ยเทียบกับค่าเฉลี่ยเลขคณิต ค่าที่ได้เรียกว่า สัมประสิทธิ์ของการกระจาย (Coefficient of Dispersion)

$$RD = \left(AD/\mu\right) \times 100$$

RD แทนค่าสัมประสิทธิ์ของการกระจายมีหน่วยเป็น ร้อยละ

ความเร็ว (Velocity)

การเคลื่อนที่ของยานพาหนะจากจุดเริ่มต้น ณ เวลา t_0 ไปยังจุดสุดท้าย ณ เวลา t_1 โดยระยะทางที่เคลื่อนที่ได้เป็นทำให้สามารถหาความเร็วของการเคลื่อนที่ของยานพาหนะนี้ได้ดังนี้

$$= s/t$$

แทนความเร็ว

t แทนช่วงเวลาจากจุดเริ่มต้นไปจุดสุดท้าย $\left(t = t_1 - t_0\right)$