

รายงานการวิจัย
ระบบการแยกส่วนภาพเซลล์เม็ดเลือดขาว
White Blood Cell Segmentation System



ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินงบประมาณแผ่นดินหรือรายได้ประจำปีงบประมาณ 2553

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

ระบบการแยกส่วนภาพเซลล์เม็ดเลือดขาว



RCH
QR
185.8
.L48
ท 6685

โดย
ดร. เทอดศักดิ์ ลีวาทอง

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....
วัน,เดือน,ปี.....

114481

20 ส.ค. 2554

เสนอ

คณะวิศวกรรมศาสตร์

b. 12291069
i.

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทที่ 1	3
1.1 บทนำ.....	3
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย	4
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	4
1.4 ขอบเขตของงานวิจัย.....	4
1.5 ขั้นตอนในการดำเนินโครงการวิจัย	5
บทที่ 2 คุณลักษณะและการทำงานของเซลล์เม็ดเลือดขาว.....	6
2.1 Basophil.....	6
2.2 Eosinophil	7
2.3 Lymphocyte	7
2.4 Monocyte	8
2.5 Neutrophil	8
บทที่ 3 อัลกอริทึมการแยกส่วนภาพ	10
3.1.1 ทฤษฎี Mean Shift Filter	Error! Bookmark not defined.
3.1.2 หลักการทำงานของ Region Growing	Error! Bookmark not defined.
บทที่ 4 การทดลอง	15
บทที่ 5 สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง	17

บทที่ 1

บทนำ

1.1 บทนำ

การแยกเลือดเพื่อวิเคราะห์เป็นการตรวจสอบที่มีความสำคัญมาก ข้อมูลที่ได้มีค่ามาก สำหรับการวิเคราะห์ในเชิงปริมาณ, การศึกษาการดำรงชีวิต, และการวิเคราะห์เบื้องต้นสำหรับโรคจำนวนมาก การวิเคราะห์เลือดจำเป็นจะต้องวัดค่า 2 ค่าที่ได้จากเลือดเพื่อใช้ในการวินิจฉัย ค่าที่ 1 คือการนับปริมาณเลือดแบบสมบูรณ์ (Complete Blood Count : CBC) และค่าที่ 2 คือการนับความแตกต่างของเลือด (Differential Blood Count : DBC) CBC สามารถทำได้โดยเครื่องมือวัดที่เรียกว่า Cytometer และสามารถทำแบบอัตโนมัติ ในทางกลับกัน DBC ซึ่งมีความน่าเชื่อถือมากกว่า แต่ในปัจจุบันต้องทำด้วยมือโดยผู้เชี่ยวชาญ ในการนับ DBC ผู้เชี่ยวชาญจะนับเซลล์เม็ดเลือดขาว 100 เซลล์ในแผ่นสไลด์และคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ของเซลล์เม็ดเลือดแต่ละชนิดที่ปรากฏ เซลล์เม็ดเลือดขาวที่เป็นส่วน ประกอบของเลือดสามารถให้ข้อมูลที่มีค่าสำหรับการวินิจฉัยผู้ป่วย แต่อย่างไรก็ตาม การนับ DBC เป็นงานที่ซับซ้อนมากและใช้เวลานาน และความแม่นยำของการจดจำ (Recognition Accuracy) เซลล์เม็ดเลือดขาวขึ้นกับปัจจัยส่วนบุคคลของผู้เชี่ยวชาญหรือแม้แต่ความเหนื่อย การพัฒนาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีการวิเคราะห์ภาพ ทำให้การพยายามที่จะเข้าไปทดแทนผู้เชี่ยวชาญมีความเป็นไปได้ การใช้ระบบคอมพิวเตอร์สามารถช่วยบรรเทาภาระงาน, ลดเวลาในการวิเคราะห์เลือด, กำจัดปัจจัยส่วนบุคคล, และปรับปรุงความแม่นยำของการจดจำ ได้ในเวลาเดียวกัน

จากความจำเป็นดังกล่าวข้างต้น ทางผู้วิจัยจึงได้มีแนวคิดที่จะออกแบบระบบ Different Blood Count ที่ทำงานโดยอัตโนมัติโดยใช้คอมพิวเตอร์ การทำงานของระบบ DBC แบบอัตโนมัติ ประกอบด้วย 4 ขั้นตอนคือ Acquisition, Detection, Feature Extraction, และ Classification ในขั้นตอนแรก ภาพในแผ่นสไลด์หรือที่เรียกว่าสเมียร์เลือด (Blood Smear) จะถูกขยายโดยใช้กล้องจุลทรรศน์และถ่ายโดยใช้กล้อง CCD เพื่อเปลี่ยนเป็นภาพ Digital ในขั้นตอนที่ 2 ภาพจะถูกแยกส่วน (Segmentation) เพื่อแยกภาพของแต่ละเซลล์ออกจากกัน และภาพของแต่ละเซลล์จะถูกแยกส่วนออกเป็น 3 บริเวณคือ นิวเคลียส, Cytoplasm, และภาพพื้นหลัง ในขั้นตอนที่ 3 ภาพของเซลล์ที่ถูกแยกจะถูกวิเคราะห์โดย Feature Extraction เพื่อสร้างเป็น Feature Vector เพื่อนำไปใช้บรรยายคุณลักษณะต่างๆของภาพเช่น สี, รูปร่าง, และ Texture ในขั้นตอนที่ 4 เซลล์เม็ดเลือดขาวแต่ละเซลล์จะถูกติดป้าย (Label) ว่าเป็นเซลล์เม็ดเลือดขาวชนิดใดโดยใช้ข้อมูลจาก Feature Vector

จากขั้นตอนทั้งหมด ขั้นตอนการแยกส่วนภาพ (Segmentation) จะมีความสำคัญที่สุด ความถูกต้องของการแยกส่วนภาพ จะมีผลต่อการทำงานและความถูกต้องของขั้นตอนที่ 3 และ 4 เป็น

อย่างมาก ทางผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาระบบแยกส่วนภาพของเซลล์เม็ดเลือดขาวแบบอัตโนมัติ โดยใช้เทคโนโลยีประมวลผลภาพ

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. ศึกษาลักษณะของภาพเซลล์เม็ดเลือดขาว และวิธีการในการแยกส่วนภาพเซลล์เม็ดเลือดขาว
2. ออกแบบและพัฒนาระบบซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการแยกส่วนภาพแบบอัตโนมัติ
3. เป็นการส่งเสริมและพัฒนาความก้าวหน้าทางด้านอุปกรณ์และเครื่องมือทางการแพทย์

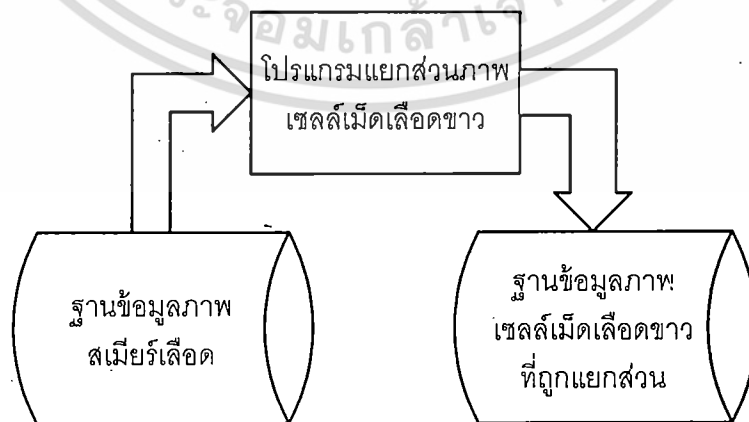
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ซอฟต์แวร์ระบบแยกส่วนภาพเซลล์เม็ดเลือดขาวแบบอัตโนมัติ
2. เป็นระบบต้นแบบที่จะสามารถพัฒนาต่อไปเป็นเครื่องนับความแตกต่างของเลือด

1.4 ขอบเขตของโครงการวิจัย

โครงการวิจัยนี้ใช้คอมพิวเตอร์ PC ในการประมวลผลภาพเซลล์เม็ดเลือดขาว โดยระบบการประมวลผลมีองค์ประกอบทั้งหมด 3 ส่วนดังแสดงในรูปที่ 1. คือ

1. ฐานข้อมูลภาพสเมียร์เลือดต้นฉบับ จะทำหน้าที่เก็บภาพสเมียร์เลือดต้นฉบับทั้งหมดที่ยังไม่ได้ถูกประมวลผล
2. โปรแกรมแยกส่วนภาพ จะทำหน้าที่ดึงภาพสเมียร์เลือดจากฐานข้อมูลภาพสเมียร์เลือดมาแยกส่วนภาพให้ได้เซลล์เม็ดเลือดขาว
3. ฐานข้อมูลภาพเซลล์เม็ดเลือดขาว จะทำหน้าที่เก็บภาพผลลัพธ์ของการแยกส่วนภาพเซลล์เม็ดเลือดขาว



รูปที่ 1. องค์ประกอบของระบบแยกส่วนภาพเซลล์เม็ดเลือดขาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในโครงการวิจัยนี้ได้ใช้โปรแกรม Microsoft Access ทำหน้าที่เก็บฐานข้อมูลภาพสเมียร์เลือดและภาพเซลล์เม็ดเลือดขาว และในส่วนของโปรแกรมแยกส่วนภาพ เพื่อให้โปรแกรมทำงานได้อย่างรวดเร็ว ทางผู้วิจัยได้พัฒนาโปรแกรมโดยใช้โปรแกรม Microsoft Visual C++ โดยโปรแกรมแยกส่วนภาพถูกแสดงไว้ในรูปที่ 2. โปรแกรมสามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

1. หน้าต่างภาพสเมียร์เลือด จะทำหน้าที่แสดงภาพสเมียร์เลือดทั้งหมดที่อยู่ในฐานข้อมูล
2. หน้าต่างการทำงาน ใช้แสดงภาพสเมียร์เลือดที่ถูกเลือก และแสดงภาพผลลัพธ์ของเซลล์เม็ดเลือดขาวที่ถูกแยกส่วนภาพ



รูปที่ 2. โปรแกรมแยกส่วนภาพเซลล์เม็ดเลือดขาว

1.5 ขั้นตอนในการดำเนินโครงการวิจัย

1. ออกแบบและสร้างฐานข้อมูลภาพสเมียร์เลือด และภาพเซลล์เม็ดเลือดขาวโดยใช้โปรแกรม Microsoft Access
2. ศึกษาและออกแบบอัลกอริทึมในการแยกส่วนภาพเซลล์เม็ดเลือดขาว
3. พัฒนาโปรแกรมแยกส่วนภาพเซลล์เม็ดเลือดขาวโดยใช้โปรแกรม Microsoft Visual C++

บทที่ 2

คุณลักษณะและหน้าที่การทำงานของเซลล์เม็ดเลือดขาว

เซลล์เม็ดเลือดขาวเป็นเซลล์ของระบบภูมิคุ้มกันโรค ทำหน้าที่ปกป้องร่างกายจากทั้งเชื้อก่อโรคและสารแปลกปลอมที่เข้ามาในร่างกาย เซลล์เม็ดเลือดขาวมีอยู่ทั้งหมด 5 ชนิดคือ Basophil, Eosinophil, Lymphocyte, Monocyte และ Neutrophil เซลล์เม็ดเลือดขาวทุกชนิดเจริญมาจาก Pluripotent Cell ในไขกระดูกที่ชื่อว่า Hematopoietic Stem Cell เซลล์เม็ดเลือดขาวถูกพบทั่วร่างกาย รวมถึงในต่อมน้ำเหลือง

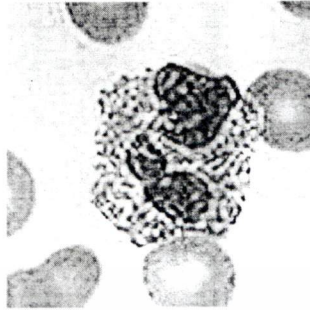
จำนวนเซลล์เม็ดเลือดขาวในเลือดมักใช้เป็นข้อบ่งชี้ของโรคและการดำเนินไปของโรค โดยปกติแล้วในเลือด 1 ลิตรของผู้ใหญ่ที่มีร่างกายปกติจะมีเซลล์เม็ดเลือดขาวอยู่ประมาณ 4×10^9 ถึง 1.1×10^{10} เซลล์ ในบางสภาวะเช่น ภูมิแพ้ (มะเร็งเม็ดเลือดขาว) จำนวนของเซลล์เม็ดเลือดขาวจะมีมากกว่าปกติ หรือในภาวะ Leukopenia จำนวนของเซลล์เม็ดเลือดขาวจะมีน้อยกว่าปกติ คุณสมบัติทางกายภาพของเซลล์เม็ดเลือดขาว เช่น ปริมาตร Conductivity และ Granularity อาจเปลี่ยนแปลงไประหว่างการกระตุ้นเซลล์ การเจริญของเซลล์ หรือการมีเซลล์มะเร็งเม็ดเลือดขาว

2.1 Basophil

รูปที่ 3. Basophil

Basophil มีขนาด 12-15 ไมโครเมตร นิวเคลียสของเซลล์จะเป็นแบบ bi-lobed หรือ tri-lobed และมี Granule เป็นสีน้ำเงินขนาดใหญ่ดังแสดงในรูปที่ 3. พบน้อยมากในเลือด ประมาณ 1% ในคนปกติ (ถ้าพบในเนื้อเยื่อเรียกว่า Mast Cell) มีบทบาทเกี่ยวกับภูมิแพ้ โดยจะหลั่งสาร Histamine ซึ่งทำให้เกิดอาการภูมิแพ้อย่างรุนแรง มีอายุไขประมาณไม่กี่ชั่วโมงจนถึงไม่กี่วัน

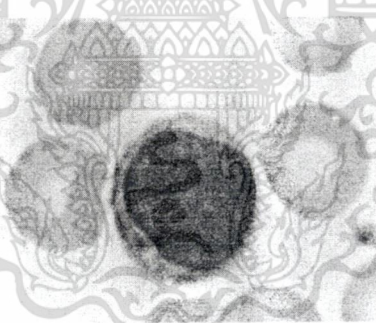
2.2 Eosinophil



รูปที่ 4. Eosinophil

Eosinophil มีขนาด 10-12 ไมโครเมตร นิวเคลียสของเซลล์จะเป็นแบบ bi-lobed และมี Granule เป็นสีชมพูส้ม ดังแสดงในรูปที่ 4. มีจำนวนประมาณ 4% ในคนปกติ Eosinophils ทำหน้าที่หลั่งเอนไซม์เพื่อทำลายพยาธิต่างๆ จะตอบสนองเพิ่มขึ้นเมื่อมี Parasite ต่างๆหรือเป็นโรคภูมิแพ้ มีอายุไขประมาณ 8 ถึง 12 วัน

2.3 Lymphocyte



รูปที่ 5. Lymphocyte

Lymphocyte มีขนาด 7-8 ไมโครเมตร นิวเคลียสของเซลล์มีขนาดใหญ่ ดังแสดงในรูปที่ 5. มีจำนวนประมาณ 25% ในคนปกติ Lymphocyte ถูกพบได้ทั่วไปในต่อมน้ำเหลือง มีอายุไขหลายอาทิตย์หรือหลายปี Lymphocyte ในเลือดมีอยู่ด้วยกัน 3 ชนิดคือ

- B Cell : B Cell จะผลิต Antibodies ซึ่งจะรวมตัวกับตัวทำให้เกิดโรคเช่นแบคทีเรีย เพื่อกระตุ้นให้เชื้อโรคทำลายตัวเอง (B Cell ไม่เพียงแต่ผลิต Antibodies ที่จะรวมตัวกับเชื้อโรคเท่านั้น แต่หลังจากที่จู่โจมแล้ว B Cell บางตัวจะรักษาความสามารถในการผลิต Antibody เพื่อใช้เป็นระบบจดจำ)

- T Cell :
 - CD4+ (Helper) T Cells จะร่วมมือกับระบบภูมิคุ้มกันและเป็นส่วนสำคัญในการป้องกันแบคทีเรีย
 - CD8+ Cytotoxic T Cells มีความสามารถฆ่าไวรัสและเซลล์เนื้องอก
 - $\gamma\delta$ T cells ครอบครอง T Cell ที่เป็น Receptor ของ CD4+ และ CD8+ $\alpha\beta$ T Cells และมีคุณลักษณะร่วมกับ Helper T Cell, Cytotoxic และ Natural Killer Cell
- Natural Killer Cells : Natural Killer Cells มีความสามารถฆ่าเซลล์ของร่างกายซึ่งแสดงสัญญาณให้ฆ่ามันเนื่องจากมันถูกติดเชื้อโดยไวรัส หรือกลายเป็นมะเร็ง

2.4 Monocyte



รูปที่ 6. Monocyte

Monocyte มีขนาด 14-17 ไมโครเมตร นิวเคลียสของเซลล์มีรูปร่างคล้ายไต ดังแสดงในรูปที่ 6. มีจำนวนประมาณ 6% ในคนปกติ Monocyte เคลื่อนย้ายจากเลือดไปยังเนื้อเยื่อต่างๆ มีความแตกต่างกันตามชนิดของเนื้อเยื่อต่างๆ Monocyte มีร่วมมือกับ Neutrophils ในการกำจัดสิ่งแปลกปลอมหรือที่เรียกว่ากระบวนการ Phagocytosis แต่มีระยะเวลาที่นานกว่าเนื่องจากมันจะแสดงบางส่วนของตัวเกิดโรคให้กับ T Cell เพื่อให้ตัวเกิดโรคสามารถถูกจดจำได้อีกครั้งหนึ่งและถูกฆ่าทิ้ง หรือเพื่อให้ Antibodies ถูกติดตัวอย่าง Monocyte มีอายุไขประมาณหลายชั่วโมงหรือหลายวัน

2.1.5 Neutrophil

Neutrophil มีขนาด 10-12 ไมโครเมตร นิวเคลียสของเซลล์มีลักษณะ Multilobed ดังแสดงในรูปที่ 7. มีจำนวนประมาณ 65% Neutrophil มีบทบาทสำคัญในการป้องกันการติดเชื้อแบคทีเรียหรือเชื้อราและจุลชีพอื่นๆที่ก่อให้เกิดการอักเสบภายในร่างกาย เซลล์เม็ดเลือดขาวชนิดนี้เป็น

เหมือนด่านแรกของการตอบสนองทางภูมิคุ้มกันหากร่างกายได้รับเชื้อโรค ซึ่งถ้ามีการทำงานหรือเกิดการตายเกิดขึ้นจะแสดงออกมาในรูปของหนอง

รูปที่ 7. Neutrophil



บทที่ 3

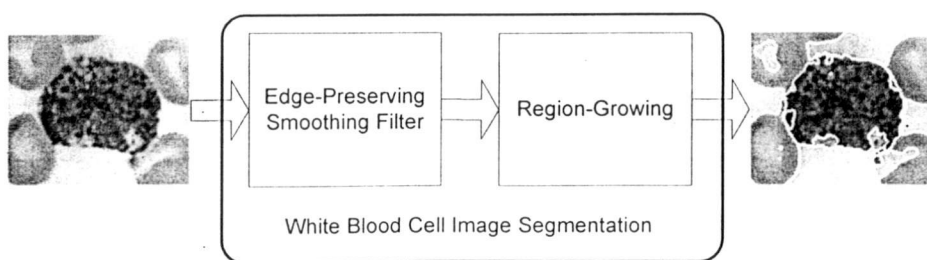
อัลกอริทึมการแยกส่วนภาพ

การแยกส่วนภาพเป็นขั้นตอนแรกในการวิเคราะห์ภาพและการจดจำรูปแบบ จัดเป็นงานที่มีความยากที่สุดในการประมวลผลภาพ และเป็นตัวกำหนดคุณภาพของผลลัพธ์สุดท้ายของการวิเคราะห์ การแยกส่วนภาพเป็นกระบวนการของการแบ่งภาพออกเป็นพื้นที่ต่างๆ โดยภายในพื้นที่เดียวกันจะต้องมีลักษณะแบบเดียวกันหรือมีความเป็นเนื้อเดียวกัน แต่พื้นที่ที่อยู่ติดกันจะต้องมีลักษณะแตกต่างกันหรือจะต้องไม่เป็นเนื้อเดียวกัน นิยามทั่วไปของการแยกส่วนภาพมีดังนี้ ถ้า $P()$ เป็นสมการหรือฟังก์ชันที่ใช้วัดค่าความเป็นเนื้อเดียวกันของกลุ่มของพิกเซลที่เชื่อมต่อกัน (Connected Pixels) ดังนั้นการแยกส่วนภาพ I จะเป็นการแบ่งภาพออกเป็นเซตของพื้นที่ (S_1, S_2, \dots, S_n) โดยที่

$$\bigcup_{i=1}^n S_i = I \text{ และ } S_i \cap S_j = \Phi (i \neq j)$$

และ $P(S_i) = \text{true}$ สำหรับทุกพื้นที่ และ $P(S_i \cup S_j) = \text{false}$ ถ้า $i \neq j$ และพื้นที่ S_i อยู่ติดกับพื้นที่ S_j การแยกส่วนภาพเป็นปัญหาของการ Psychophysical Perception ดังนั้นจึงไม่สามารถแก้ปัญหาได้โดยการใช้วิธีการวิเคราะห์เพียงอย่างเดียว

ในโครงการวิจัยนี้ได้พัฒนาโปรแกรมแยกส่วนภาพโดยตั้งอยู่บนสมมติฐาน 2 ข้อคือ ภาพสเมียร์เลือดคือเซตของพื้นที่ โดยที่สีที่อยู่ภายในพื้นที่จะมีการเปลี่ยนแปลงแบบช้าๆ แต่จะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วเมื่อมีการข้ามเขตแดนของพื้นที่ ดังนั้นการแยกส่วนภาพสามารถทำได้โดยการวัดความเปลี่ยนแปลงของสีระหว่างพิกเซลที่อยู่ติดกัน แต่ในทางปฏิบัติภาพสเมียร์เลือดมักจะถูกรบกวนโดยสัญญาณรบกวนเสมอ ดังนั้นสีที่อยู่ภายในพื้นที่เดียวกันอาจจะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วอย่างไม่คาดหมายได้ เพื่อแก้ปัญหาที่ผู้วิจัยจึงได้เสนอสมมติฐานที่ 2 ซึ่งอยู่บนความจริงที่ว่าเขตแดนของพื้นที่ไม่ได้ถูกทำลายโดยสัญญาณรบกวน สมมติฐานที่ 2 คือ ขนาดการเปลี่ยนแปลงของสีที่เขตแดนพื้นที่จะมีขนาดใหญ่มากกว่าขนาดการเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากสัญญาณรบกวนเสมอ



รูปที่ 8. บล็อกไดอะแกรมการทำงานของโปรแกรมแยกส่วนภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ซึ่งการสงวนลิขสิทธิ์ทำขึ้นโดยผู้จัดทำขึ้นโดยระเบียบข้อบังคับด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้ 10

จากสมมติฐานทั้ง 2 ข้อดังกล่าว ผู้วิจัยได้ออกแบบบล็อกโคอะแกรมการทำงานของโปรแกรมแยกส่วนภาพดังแสดงไว้ในรูปที่ 8. การแยกส่วนภาพจะถูกแบ่งการทำงานออกเป็น 2 ขั้นตอนคือ

1. ขั้นตอนการกรองสัญญาณรบกวนแบบรักษาขอบภาพ (Edge-Preserving Smoothing Filter)

ขั้นตอนนี้ทำหน้าที่กำจัดสัญญาณรบกวนออกจากภาพ เพื่อลดการเปลี่ยนแปลงของสีที่เกิดขึ้นอย่างไม่คาดหมาย โดยทั่วไปเราสามารถกำจัดสัญญาณรบกวนได้โดยใช้การกรองความถี่ต่ำซึ่งมีการทำงานแบบเชิงเส้น แต่การใช้การกรองความถี่ต่ำจะทำให้ความชัดเจนของขอบภาพลดลง ส่งผลให้ประสิทธิภาพของการแยกส่วนภาพลดลง ดังนั้นจึงต้องเลือกใช้เทคนิคการกรองสัญญาณที่สามารถรักษาขอบภาพ หรือเทคนิค Edge-Preserving Smoothing Filter ทางผู้วิจัยได้เลือกใช้เทคนิค Mean Shift Filter ซึ่งเทคนิคการกรองสัญญาณแบบรักษาขอบภาพที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด

2. การแยกส่วนภาพโดยวิธี Region Growing

ขั้นตอนนี้เป็นนำภาพที่กำจัดสัญญาณรบกวนแล้วมาทำการแยกส่วนภาพ ทางผู้วิจัยได้ออกแบบเทคนิคการแยกส่วนภาพแบบ Region Growing

ทฤษฎีของ Mean Shift Filter และหลักการทำงานของการแยกส่วนภาพแบบ Region Growing ที่ได้ถูกพัฒนาขึ้น จะถูกอธิบายในหัวข้อที่ 3.1 และ 3.2 ตามลำดับ

3.1 ทฤษฎี Mean Shift Filter

ถ้าให้ I เป็นภาพขนาด $M \times N$ พิกเซล กำหนดให้ $\mathbf{x} = (r, g, b, x, y)$ เป็นข้อมูลของสีแดง, เขียว, และน้ำเงิน และ x, y เป็นตำแหน่งของพิกเซลของภาพ I เราสามารถพิจารณาให้ \mathbf{x} เป็นเวกเตอร์ในระบบ 5 มิติ และ $\mathbf{X} = \{\mathbf{x}_i\}_{i=1}^{M \times N}$ เป็นเซตของเวกเตอร์ข้อมูลทั้งหมดใน I จากทฤษฎีของ Kernel Density Estimator เราสามารถที่จะประมาณฟังก์ชันความหนาแน่นของข้อมูลได้ดังสมการต่อไปนี้

$$\hat{f}(\mathbf{x}) = \frac{1}{n|2\pi\mathbf{H}|^{1/2}} \sum_{i=1}^n \exp\left(-\frac{1}{2}d^2(\mathbf{x}, \mathbf{x}_i, \mathbf{H})\right), \quad (1)$$

โดยที่ \mathbf{H} เป็น Bandwidth Matrix ขนาด 5×5 และ

$$d^2(\mathbf{x}, \mathbf{x}_i, \mathbf{H}) \equiv (\mathbf{x} - \mathbf{x}_i)^T \mathbf{H}^{-1} (\mathbf{x} - \mathbf{x}_i), \quad (2)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นการวัดระยะทางแบบ Mahalanobis ระหว่าง \mathbf{x} และ \mathbf{x}_i

เราสามารถคำนวณหา Gradient ของ $\hat{f}(\mathbf{x})$ ได้จากสมการ

$$\nabla \hat{f}(\mathbf{x}) = \frac{\mathbf{H}^{-1}}{n|2\pi\mathbf{H}|^{1/2}} \sum_{i=1}^n (\mathbf{x}_i - \mathbf{x}) \exp\left(-\frac{1}{2}d^2(\mathbf{x}, \mathbf{x}_i, \mathbf{H})\right) \quad (3)$$

หลังจากจัดรูปแบบสมการใหม่เราจะได้

$$\mathbf{m}(\mathbf{x}) = \mathbf{H} \frac{\nabla \hat{f}(\mathbf{x})}{\hat{f}(\mathbf{x})}, \quad (4)$$

โดยที่

$$\mathbf{m}(\mathbf{x}) = \frac{\sum_{i=1}^n \mathbf{x}_i \exp\left(-\frac{1}{2}d^2(\mathbf{x}, \mathbf{x}_i, \mathbf{H})\right)}{\sum_{i=1}^n \exp\left(-\frac{1}{2}d^2(\mathbf{x}, \mathbf{x}_i, \mathbf{H})\right)} - \mathbf{x}, \quad (5)$$

ถูกเรียกว่าเวกเตอร์ของ Mean Shift

การวัดระยะทางแบบ Mahalanobis ที่ใช้ในโครงการวิจัยนี้สามารถคำนวณได้ดังต่อไปนี้

$$d^2(\mathbf{x}, \mathbf{x}_i, \mathbf{H}) \equiv \frac{\|\mathbf{x}_s - \mathbf{x}_{s,i}\|^2}{2\sigma_s^2} + \frac{\|\mathbf{x}_r - \mathbf{x}_{r,i}\|^2}{2\sigma_R^2}, \quad (6)$$

โดยที่

$$\|\mathbf{x}_s - \mathbf{x}_{s,i}\|^2 \equiv (x - x_i)^2 + (y - y_i)^2 \quad (7)$$

และ

$$\|\mathbf{x}_r - \mathbf{x}_{r,i}\|^2 \equiv (r - r_i)^2 + (g - g_i)^2 + (b - b_i)^2 \quad (8)$$

กำหนดให้ $\mathbf{X} = \{\mathbf{x}_i = (r_i^x, g_i^x, b_i^x, x_i^x, y_i^x)\}_{i=1}^{M \times N}$ $\mathbf{y} = (r_i^y, g_i^y, b_i^y, x_i^y, y_i^y)$ เป็นข้อมูลที่อยู่ในระหว่างการประมวลผล และ $\mathbf{Z} = \{\mathbf{z}_i = (r_i^z, g_i^z, b_i^z, x_i^z, y_i^z)\}_{i=1}^{M \times N}$ เป็นเซตของข้อมูลภาพผลลัพธ์ Mean Shift Filter เป็นอัลกอริทึมการทำงานแบบวนลูปที่ใช้ในการหาโหมดท้องถิ่น (Local Mode) ในโดเมนร่วมของสีและตำแหน่ง อัลกอริทึมการทำงานของ Mean Shift Filter สามารถอธิบายได้ในตารางที่ 1. และสามารถอธิบายได้ดังต่อไปนี้ เริ่มต้นกำหนดเริ่มต้นของข้อมูล \mathbf{y}_i ให้เท่ากับ \mathbf{x}_i ในระหว่างการคำนวณการลู่เข้าในขั้นตอนที่ 3.1 และ 3.2 เวกเตอร์ \mathbf{y}_i จะถูกย้ายไปตามเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้ 12

ทิศทางของ Gradient ทั้งใน โดเมนสีและโดเมนตำแหน่ง และในที่สุดมันจะถูกรู้เข้าไปที่โหมดท้องถิ่นของโดเมนร่วมสีและตำแหน่ง ข้อดีของ Mean Shift Filter คือโครงสร้างของภาพจะไม่เปลี่ยนในระหว่างการวนลูป ดังนั้นการทำงานของ Mean Shift Filter จึงสามารถรักษาโครงสร้างของภาพได้ดี

เราสามารถใช้ Mean Shift Filter ในการกำจัดสัญญาณรบกวน โดยยังคงรักษาขอบของภาพได้ โดยการตั้งค่า σ_R^2 และ σ_S^2 ที่เหมาะสม

ตารางที่ 1. อัลกอริทึมการทำงานของ Mean Shift Filter

<p>1. ตั้งค่า $t=0$ และกำหนดค่าความผิดพลาด ϵ</p> <p>2. กำหนดให้ $y_i^0 = x_i$ สำหรับ $i=1, \dots, n$.</p> <p>3. คำนวณการลู่เข้าของเวกเตอร์ y_i^t โดย</p> <p>3.1 คำนวณค่า</p> $y_i^{t+1} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i \exp\left(-\frac{1}{2} d^2(y_i^t, x_i, \mathbf{H})\right)}{\sum_{i=1}^n \exp\left(-\frac{1}{2} d^2(y_i^t, x_i, \mathbf{H})\right)}$ <p>3.2 ถ้า $d^2(y_i^t, y_i^{t+1}, \mathbf{H}) > \epsilon$ ย้อนกลับไปทำงานที่ขั้นตอน 3.1</p> <p>4. ตั้งค่าของ $z_i = (r_i^y, g_i^y, b_i^y, x_i^x, y_i^x)$</p>
--

3.2 หลักการทำงานของ Region Growing

จากสมมติฐานที่ 1. ที่ได้อธิบายไว้ข้างต้น เราสามารถพิจารณาว่าพิกเซล 2 พิกเซลที่อยู่ติดกันสามารถรวมกันเป็นพื้นที่เดียวกัน ถ้าความแตกต่างของสีของทั้ง 2 พิกเซลมีค่าน้อยกว่าค่า Threshold และแยกพิกเซลทั้ง 2 ออกเป็นคนละพื้นที่ถ้าความแตกต่างของสีที่มีค่ามากกว่าค่า Threshold สำหรับค่า Threshold ที่ใช้ในโครงการวิจัยนี้คือ σ_R^2

กำหนดให้ $z = (r^z, g^z, b^z, x^z, y^z)$ เป็นเวกเตอร์ข้อมูลของภาพผลลัพธ์ของ Mean Shift Filter เวกเตอร์ข้อมูลทั้ง 4 ที่อยู่ติดกับ z มีดังต่อไปนี้

$$\begin{aligned}
 z_0 &= (r^{z_0}, g^{z_0}, b^{z_0}, x^z + 1, y^z), \\
 z_1 &= (r^{z_0}, g^{z_0}, b^{z_0}, x^z - 1, y^z), \\
 z_2 &= (r^{z_0}, g^{z_0}, b^{z_0}, x^z, y^z + 1), \\
 z_3 &= (r^{z_0}, g^{z_0}, b^{z_0}, x^z, y^z - 1).
 \end{aligned}
 \tag{7}$$

กำหนดให้ $L = \{1, 2, \dots\}$ เป็นเซตของป้ายของพื้นที่ที่ถูกแยกส่วนทั้งหมด และพื้นที่ที่ยังไม่ได้ถูกแยกส่วนจะถูกติดป้ายเป็น 0 อัลกอริทึมของ Region Growing สามารถถูกออกแบบได้ดังต่อไปนี้ กำหนดให้เวกเตอร์ข้อมูล z ซึ่งถูกติดป้ายเป็น $Idx (Idx \in L)$ เวกเตอร์ข้อมูลทั้ง 4 ที่อยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ติดกับมันจะถูกตัดป้ายเป็น Idx ถ้า $(r^z - r^{z_i})^2 + (g^z - g^{z_i})^2 + (b^z - b^{z_i})^2 \leq \sigma_R^2$ ฟังก์ชันการทำงานแบบ Recursive ที่เรียกว่า **RegionGrow**(z, z_i, Idx) สามารถอธิบายได้ดังในตารางที่ 2.

ตารางที่ 2. อัลกอริทึมการทำงานของฟังก์ชัน **RegionGrow**(z, z_i, Idx)

Table 2. The Definition of RegionGrow (z, z_i, Idx)

<ol style="list-style-type: none"> 1. ถ้า $(r^z - r^{z_i})^2 + (g^z - g^{z_i})^2 + (b^z - b^{z_i})^2 > \sigma_R^2$ ออกจากฟังก์ชัน 2. ถ้า z_i ไม่ได้ถูกตัดป้าย 0 ออกจากฟังก์ชัน 3. ตัดป้าย z_i เป็น Idx 4. เรียกฟังก์ชัน $RegionGrow(z_i, z_{i,0}, Idx)$, $RegionGrow(z_i, z_{i,1}, Idx)$, $RegionGrow(z_i, z_{i,2}, Idx)$, และ $RegionGrow(z_i, z_{i,3}, Idx)$. 5. ออกจากฟังก์ชัน

นอกจากนี้โปรแกรมหลักของอัลกอริทึม Region Growing สามารถอธิบายได้ดังในตารางที่ 3.

ตารางที่ 3. โปรแกรมหลักของ Region Growing

<ol style="list-style-type: none"> 1. ตัดป้ายเวกเตอร์ข้อมูลทุกตัวให้เป็น 0 2. ตั้งค่า $Idx = 1$ 3. ค้นหาเวกเตอร์ข้อมูล z ที่ยังไม่ได้ตัดป้าย 4. ตัดป้าย z เป็น Idx 6. เรียกฟังก์ชัน $RegionGrow(z, z, Idx)$ 5. ตั้งค่า $Idx = Idx + 1$. 6. ถ้ายังคงมีเวกเตอร์ข้อมูลที่ยังไม่ได้ถูกตัดป้าย ให้ย้อนกลับไปอยู่ที่ขั้นตอนที่ 3

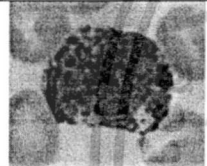
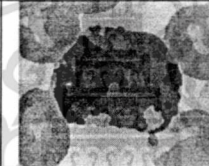



บทที่ 4

การทดลอง


การทดลองแยกส่วนภาพของโครงการวิจัยนี้กำหนดค่า Bandwidth ของ Mean Shift Filter ออกเป็น 2 ค่าคือ $\sigma_R^2 = 100, \sigma_S^2 = 9$ และ $\sigma_R^2 = 100, \sigma_S^2 = 25$

ผลการทดลองแยกส่วนภาพของ Basophil, Eosinophil, Lymphocyte, Monocyte และ Neutrophil ถูกแสดงไว้ในตารางที่ 4 ถึง 8 ตามลำดับ






ตารางที่ 4. ผลการทดลองของการแยกส่วนภาพ Basophil

ภาพสเมียร์เลือด	Mean Shift Filter $\sigma_R^2 = 100,$ $\sigma_S^2 = 9$	ภาพผลลัพธ์ของ การแยกส่วนภาพ	Mean Shift Filter $\sigma_R^2 = 100,$ $\sigma_S^2 = 25$	ภาพผลลัพธ์ของ การแยกส่วนภาพ
				




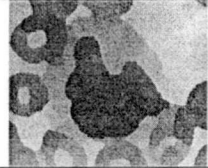
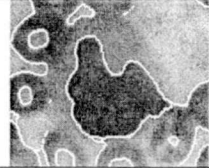
ตารางที่ 5. ผลการทดลองของการแยกส่วนภาพ Eosinophil

ภาพสเมียร์เลือด	Mean Shift Filter $\sigma_R^2 = 100,$ $\sigma_S^2 = 9$	ภาพผลลัพธ์ของ การแยกส่วนภาพ	Mean Shift Filter $\sigma_R^2 = 100,$ $\sigma_S^2 = 25$	ภาพผลลัพธ์ของ การแยกส่วนภาพ
				





ตารางที่ 6. ผลการทดลองของการแยกส่วนภาพ Lymphocyte

ภาพสเมียร์เลือด	Mean Shift Filter $\sigma_R^2 = 100,$ $\sigma_S^2 = 9$	ภาพผลลัพธ์ของ การแยกส่วนภาพ	Mean Shift Filter $\sigma_R^2 = 100,$ $\sigma_S^2 = 25$	ภาพผลลัพธ์ของ การแยกส่วนภาพ
				

ตารางที่ 7. ผลการทดลองของการแยกส่วนภาพ Monocyte

ภาพสเมียร์เลือด	Mean Shift Filter $\sigma_R^2 = 100,$ $\sigma_S^2 = 9$	ภาพผลลัพธ์ของ การแยกส่วนภาพ	Mean Shift Filter $\sigma_R^2 = 100,$ $\sigma_S^2 = 25$	ภาพผลลัพธ์ของ การแยกส่วนภาพ
				

ตารางที่ 8. ผลการทดลองของการแยกส่วนภาพ Neutrophil

ภาพสเมียร์เลือด	Mean Shift Filter $\sigma_R^2 = 100,$ $\sigma_S^2 = 9$	ภาพผลลัพธ์ของ การแยกส่วนภาพ	Mean Shift Filter $\sigma_R^2 = 100,$ $\sigma_S^2 = 25$	ภาพผลลัพธ์ของ การแยกส่วนภาพ
				

บทที่ 5

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากผลการทดลองในตารางที่ 4 ถึง 8 จะเห็นว่า Mean Shift Filter สามารถที่จะกำจัดสัญญาณรบกวนออก เราสามารถมองเห็นได้ว่าหลังจากการทำ Mean Shift Filter แล้ว ขอบของภาพมีความคมชัดมากกว่าภาพต้นฉบับ ที่เป็นดังนี้เนื่องจากขอบภาพของภาพต้นฉบับมีสัญญาณรบกวนปนเปื้อนอยู่ทำให้ความคมชัดลดลง ดังนั้นขอบภาพจึงชัดเจนขึ้นเมื่อกำจัดสัญญาณรบกวนออกไป นอกจากนี้จากการทดลองกับภาพเซลล์เม็ดเลือดขาวทั้ง 5 ชนิดจะเห็นว่า Mean Shift Filter สามารถกำจัดสัญญาณรบกวนออกได้โดยที่โครงสร้างของเซลล์เม็ดเลือดขาวทั้ง 5 ชนิดไม่มีการเปลี่ยนแปลง ดังนั้นเราจึงสรุปได้ว่าเทคนิค Mean Shift Filter มีความเหมาะสมมากที่จะนำมาใช้ในการกำจัดสัญญาณรบกวนของภาพสเมียร์เลือด

จากการทดลองการแยกส่วนภาพโดยใช้เทคนิค Region Growing ที่ใช้ในการทดลองนี้ จะเห็นได้ว่าภาพของเซลล์เม็ดเลือดขาวชนิด Basophil, Eosinophil และ Lymphocyte สามารถถูกแยกส่วนภาพออกมาได้ดี โดยสามารถที่จะแยกเขตแดนของนิวเคลียสและ Cytoplasm ออกมาได้อย่างชัดเจน และผลของค่า σ_R^2 และ σ_S^2 มีผลต่อประสิทธิภาพการทำงานของการทำงานการแยกส่วนภาพเพียงเล็กน้อย ดังนั้นเราจึงสามารถนำเอาภาพการแยกส่วนนี้ไปใช้ในการวิเคราะห์ในและตรวจสอบว่าเป็นเซลล์เม็ดเลือดขาวชนิดใดได้ดี

แต่ในกรณีของเซลล์เม็ดเลือดขาวชนิด Monocyte และ Neutrophil ผลลัพธ์ของการแยกส่วนภาพยังไม่ดี เทคนิคที่ใช้สามารถแยกเขตแดนของนิวเคลียสของเซลล์เม็ดเลือดขาวได้ดี แต่ไม่สามารถแยกเขตแดนของ Cytoplasm ได้เนื่องจากสีของ Cytoplasm ของเซลล์เม็ดเลือดขาวมีความใกล้เคียงกับ Plasma ของเลือดมาก ทำให้การตรวจสอบเขตแดนของฟังก์ชัน Region Growing ทำงานผิดพลาด ซึ่งทางแก้ก็จะต้องค้นหาค่า σ_R^2 และ σ_S^2 ที่เหมาะสมสำหรับเซลล์เม็ดเลือดขาวทั้ง 2 ชนิดต่อไป



หนังสือเป็นสมบัติของท่าน

โปรดช่วยกันรักษา

www.lib.kmitl.ac.th

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับบริการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดไปลงเป็นหนังสือ และต้องขอยืมคืนทุกครั้งที่มีการนำไปใช้