บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

โครงงานนี้เป็นโครงงานที่พัฒนาต่อมาจาก เครื่องตรวจข้อสอบโดยการประมวลผลภาพของนายคมยุทธ ไชยวงษ์, นายสาธิต โสวจัสสตากุลและ นายอภิชาติ ใหญ่ธรรมสาร โดยมี ดร. วัชระ ฉัตรวิริยะ เป็นที่ปรึกษา โดยจากการศึกษาและค้นหา ได้พบว่ามี โครงงานเกี่ยวกับการตรวจข้อสอบแบบปรนัยดังนี้

ตารางที่ 2.1 แสดงโครงงานเกี่ยวกับการตรวจข้อสอบแบบปรนัย

ชื่อโครงงาน	รายชื่อผู้จัดทำ	สถาบัน	ปีที่ทำ
ระบบการรู้จำเครื่องหมายคำตอบแบบปรนัยด้วยข้อมูลจากเครื่องสแกนเนอร์	นายนิมิต จันทร์ด้ง	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	พ.ศ. 2537
การนำเข้าข้อมูลและการตรวจคำตอบจากภาพกระดาษคำตอบแบบปรนัย	นางสาวนงลักษณ์ โควาวิสารัช นางสาววฤษณี สีอร่ามรุ่งเรือง นายชัชวาล ชาญสมร	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	พ.ศ. 2543
เครื่องตรวจข้อสอบปรนัยอัตโนมัติ	นายชัยพร ชิตานุวัตวงศ์ นายบัณฑิต ใหม่ประเสริฐ.	เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	พ.ศ. 2545
ระบบตรวจข้อสอบอัตโนมัติ	นายสุรพงศ์ จงจิตเอื้อ นางสาวอกนิษฐ ศรีกัลยานิวาท	เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	พ.ศ. 2546

2.1 สภาพทั่วไปของระบบ

ระบบของเครื่องตรวจข้อสอบปรนัยด้วยการประมวลผลภาพจะประกอบไปด้วย 3 ส่วน คือ

2.1.1 กล้องเว็บแคม(Web Cam) รุ่น Logitech QuickCam for Notebooks Pro Digital Video Camera (V-UJ15)

2.1.2 กระดาษคำตอบ

2.1.3 เครื่องคอมพิวเตอร์

โดยทั้ง 3 ส่วนจะทำงานสัมพันธ์กันคือ กล้องเว็บแคม(Web Cam) จะเป็นตัวทำหน้าที่รับภาพและถ่ายภาพกระดาษคำตอบ เพื่อส่งต่อไปยัง เครื่องคอมพิวเตอร์ โดยผ่านสาย USB ไปทำการประมวลผลภาพ แล้วเลือกวิเคราะห์ภาพเฉพาะบริเวณที่เป็นคำตอบ

การใช้งานระบบ เมื่อเริ่มทำงาน จะต้องวางกระดาษคำตอบให้อยู่ในลักษณะที่ถูกต้องตามที่ระบบต้องการ โดยจะต้องอยู่ในตำแหน่งที่กล้องเว็บแคม(Web Cam) จับภาพได้ ซึ่งกระดาษคำตอบจะถูกวางในอุปกรณ์ที่มีการควบคุมสภาพแสงเพราะถ้าไม่มีการควบคุมสภาพแสงจะทำให้การตรวจมีปัญหาเนื่องจากดินสอที่ใช้ในการทำเครื่องหมายสามารถสะท้อนแสงได้ เมื่อวางกระดาษคำตอบถูกที่แล้วก็จะทำการถ่ายภาพด้วยกล้องเว็บแคม(Web Cam) ภาพที่ได้จะถูกนำไปทำการประมวลผลภาพเพื่อที่จะได้ภาพที่สมบูรณ์ ก่อนที่จะนำมาทำการวิเคราะห์หาจุดที่ทำเครื่องหมาย โดยผลที่ได้จะนำไปเทียบกับคำตอบที่ถูกในฐานข้อมูล และจะทำการเก็บจำนวนข้อที่ถูกไว้ ซึ่งรายละเอียดและเทคนิคต่าง ๆ ที่ใช้จะกล่าวในลำดับต่อไป

รูปที่ 2.1 สภาพโดยรวมของระบบ

2.2 กระดาษคำตอบ

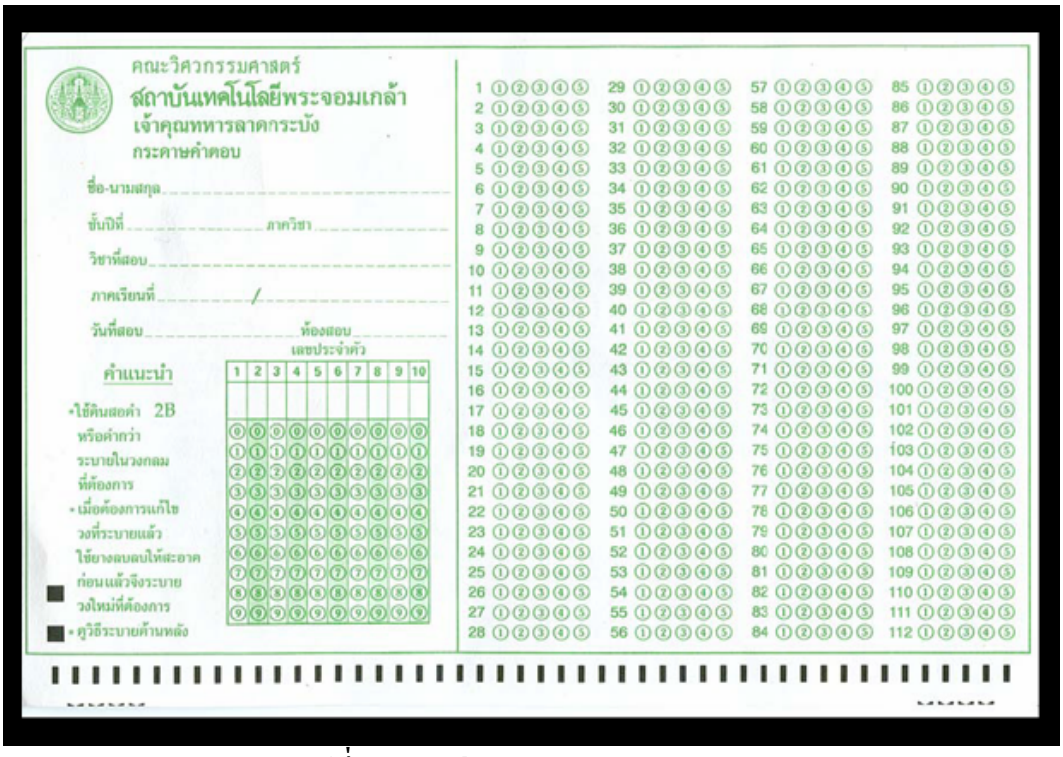
กระดาษคำตอบเป็นส่วนหนึ่งที่จำเป็นที่จะใช้งานกับระบบ โดยกระดาษคำตอบส่วนใหญ่มักมีส่วนประกอบที่สำคัญ ดังต่อไปนี้

2.2.1 ส่วนข้อมูลของผู้สอบ เช่น ชื่อ นามสกุล รหัสนักศึกษา รหัสผู้เข้าสอบ

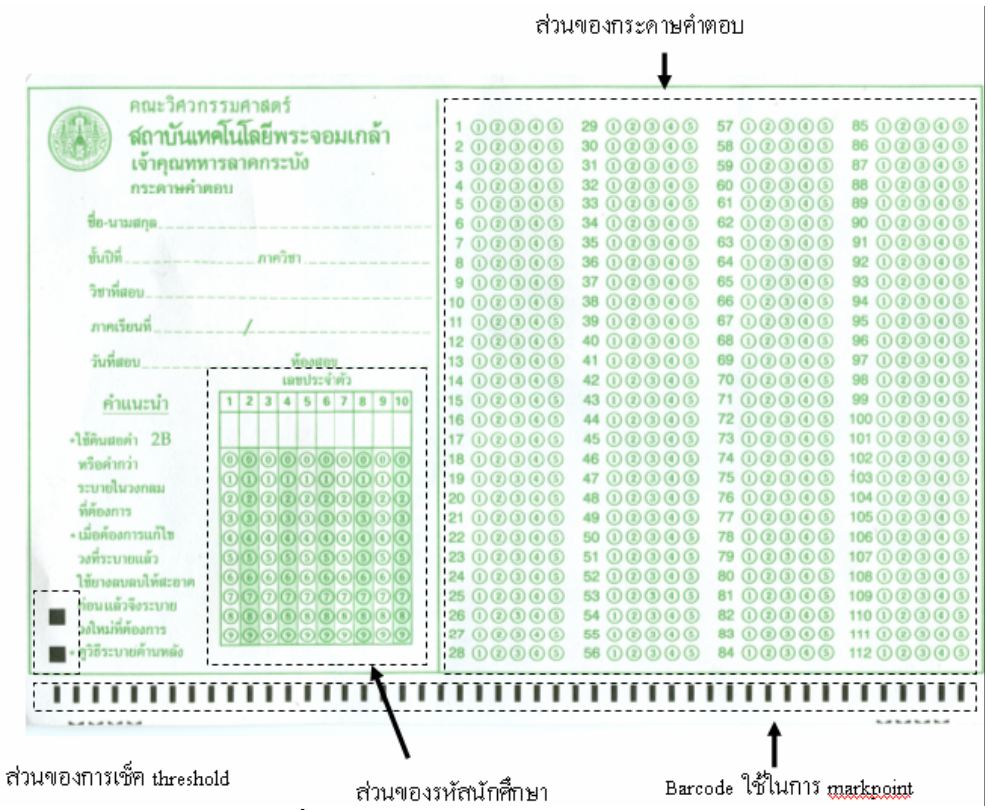
2.2.2 ส่วนของคำตอบของผู้สอบ

รูปกระดาษคำตอบจะมี 2 ส่วนที่สำคัญ คือ ส่วนข้อมูลผู้สอบและส่วนคำตอบข้อมูลผู้สอบ ได้แก่ รหัสประจำตัว 8 หลัก และแต่ละหลักมี 10 ตัวเลข คือ (0 – 9) ส่วนของคำตอบจะมี 5 ตัวเลือก (ก - จ) ซึ่ง 2 ส่วนนี้จะเป็นลักษณะสำคัญของกระดาษคำตอบที่ควรจะมี (ใช้กระดาษคำตอบของ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง) ซึ่งปัจจุบันกระดาษคำตอบที่มีการใช้อยู่นี้เหมาะสมกับการตรวจคำตอบด้วยการประมวลผลทางภาพอยู่แล้ว

โดยกระดาษคำตอบที่ใช้อยู่จะมีรูปแบบดังรูปที่ 2.2 ในการทดสอบของโปรแกรมต้นแบบจะทำการตรวจสอบเฉพาะในส่วนที่มีรหัสนักศึกษาและคำตอบในหน้าแรกเท่านั้นเนื่องจากโดยทั่วไปแล้วการสอบส่วนใหญ่มีการทำสูงสุดเพียงหนึ่งร้อยข้อ เท่านั้น



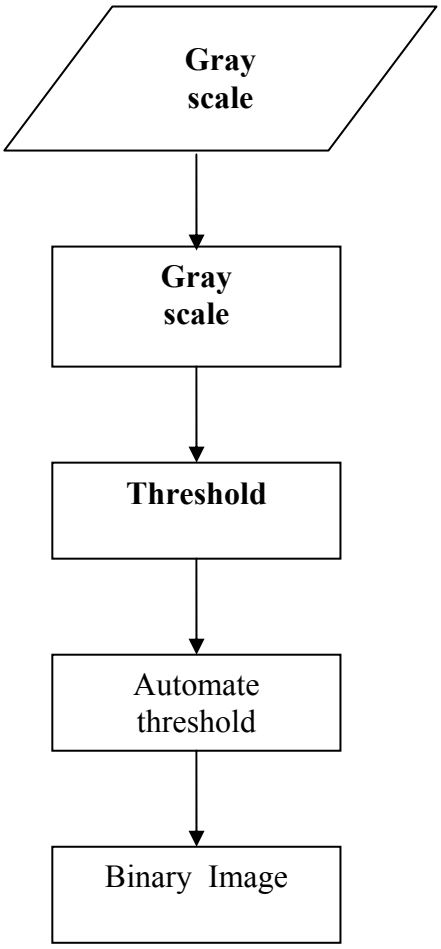
รูปที่ 2.2 ตัวอย่างของกระดาษคำตอบ



รูปที่ 2.3 แสดงส่วนต่างๆของกระดาษคำตอบ

2.3 การแปลงภาพสีเป็นภาพขาว - ดำ

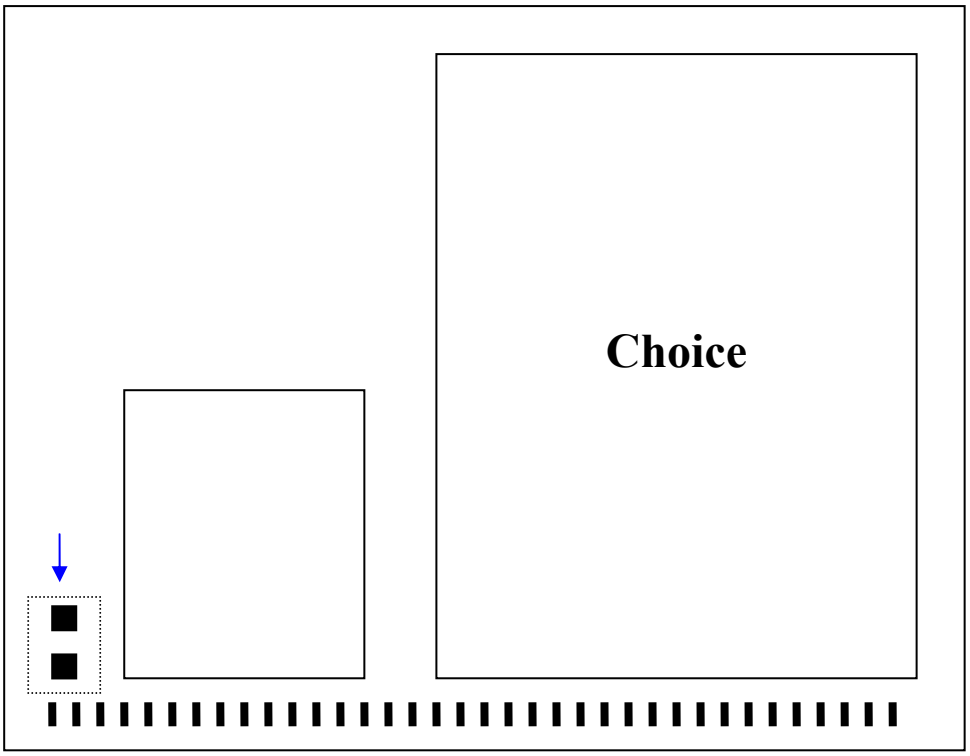
ภาพที่ได้มาจากการถ่ายจากกล้องเว็บแคม(Web Cam) จะเป็นภาพสีโดยจะถูกส่งผ่าน USB port โดยขนาดของภาพ 640X480 Pixel ซึ่งเป็นขนาดภาพที่เหมาะสมที่สุดในการทำงานโดยให้ความเร็วและความถูกต้องของคำตอบที่ดีและเหมาะสม ภาพของกระดาษคำตอบถูกนำเข้ามาที่คอมพิวเตอร์ ซึ่งภาพที่ได้มาจะต้องแปลงให้เป็นภาพขาว-ดำก่อนเพื่อให้ง่ายต่อการหาจุดคำตอบ หรือ บริเวณที่ผู้เข้าสอบทำเครื่องหมายไว้โดยผ่านกระบวนการตามบล็อกไดอะแกรมรูปที่ 2-4



รูปที่ 2.4 การแปลงภาพจากสีเป็นขาว-ดำ

ค่าเทรชโฮลด์(Threshold) ที่ใช้ในการแปลงภาพสีไปเป็นภาพขาว- ดำ ทำได้โดยการหาค่า เทรชโฮลด์(Threshold) ที่เหมาะสมที่สุดในการแปลงภาพสีให้เป็นภาพขาว- ดำ (Binary Image) ซึ่งค่า เทรชโฮลด์(Threshold) ที่หามานั้นจะใช้ ทฤษฎี ของ N. Otsu, "A Threshold Selection Method from Gray-Level Histograms," ในการหา โดยจะมีจุดอ้างอิง ซึ่งจะใช้จุดอ้างอิง ในการกำหนดค่า เทรชโฮลด์(Threshold) ซึ่งจุดอ้างอิงดังกล่าว คือ จุดสีดำ สี่เหลี่ยม 2 จุดที่อยู่ ด้านล่าง

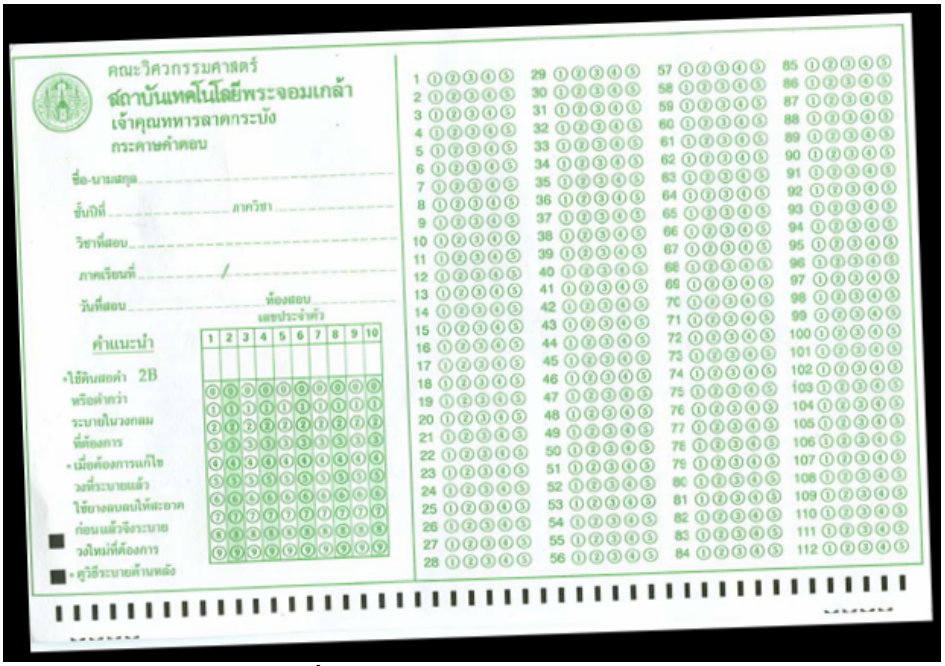
ทางซ้าย ของภาพ และเป็นจุดเช็คความถูกต้องของการใส่กระดาษคำตอบด้วย โดยเมื่อได้ค่า เทรชโฮลด์(Threshold) แล้วจะนำเปรียบเทียบกับค่าในรูปถ้าค่าไหนมากกว่าค่า threshold ให้เป็น 1 น้อยกว่าให้เป็น 0 เป็นต้น



รูปที่ 2.5 ตำแหน่งของจุดอ้างอิง

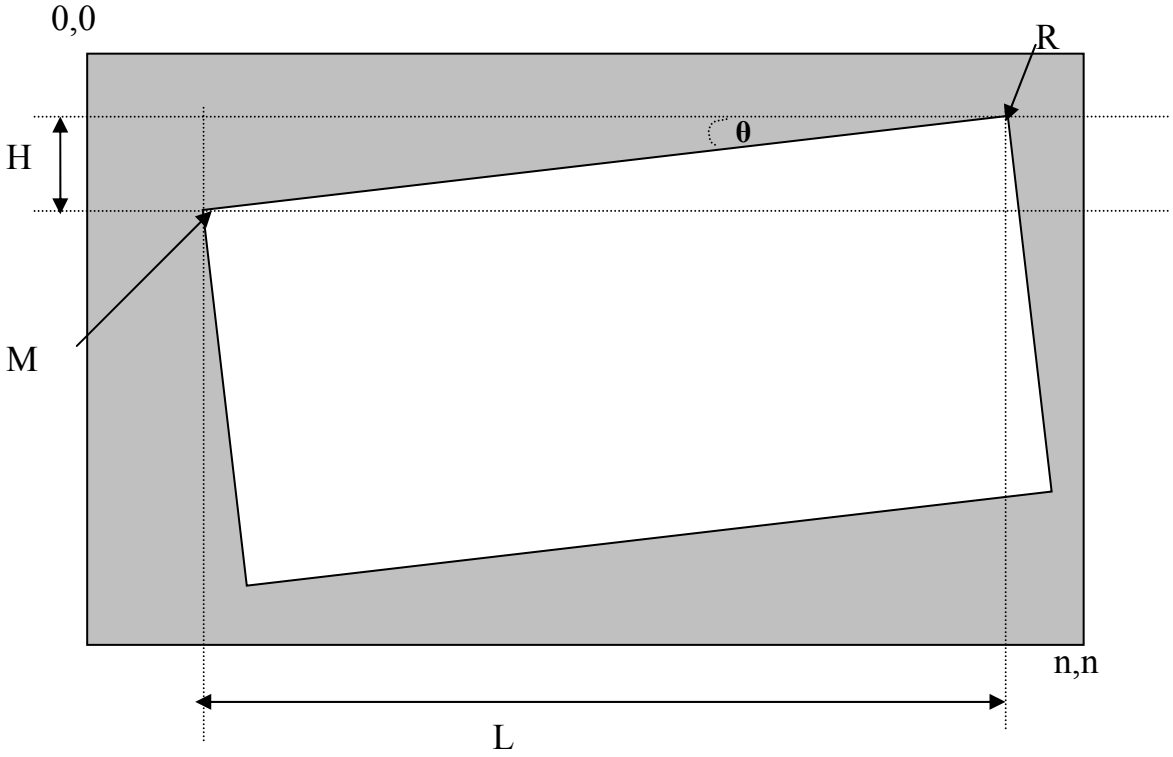
2.4 การหมุนภาพเมื่อภาพเอียง

ในการที่ใส่กระดาษคำตอบเข้าไปในบ้างครั้งอาจจะมีการใส่กระดาษเอียงได้ ซึ่งจะทำให้เวลาจับภาพหรือถ่ายภาพเข้ามาแล้ว ไม่สามารถทำงานได้เนื่องจาก จุดต่างๆ ที่กำหนดเอาไว้ไม่ตรง ทำให้ต้องมีการขยับภาพใหม่ ทำให้ต้องเสียเวลาในการจัดภาพให้ตรงตามที่กำหนด ดังนั้น คณะผู้จัดทำเห็นว่าจำเป็นต้องมีการตรวจสอบดูก่อนว่าภาพที่ได้ถ่ายเข้ามาหรือรับเข้ามานั้น มีการเอียงของภาพหรือไม่ ถ้ามีการเอียงก็ทำการปรับให้ตรงตามที่กำหนดเสียก่อนที่จะนำไปทำการวิเคราะห์หาคำตอบ



รูปที่ 2.6 รูปแสดงการเอียงของภาพ

จากรูปที่ 2-6 จะเห็นว่าภาพที่ถ่ายหรือรับเข้ามามีการเอียงเกิดขึ้น ทำให้ต้องมีการทำให้ภาพอยู่ในสภาพปกติ ก่อนที่จะนำไปทำการวิเคราะห์หาคำตอบ โดยการที่จะทำการปรับภาพหรือหมุนภาพนั้นต้องรู้ว่าภาพที่ได้เอียงไปกี่องศา ต้องหมุนกลับคืนกี่องศาจึงจะได้ภาพที่ปกติ โดยมุมที่จะเกิดการเอียงสามารถหาสมการได้จากการพิจารณารูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 รูปแสดงการหามุมที่เอียง

R คือ จุดหมุนของรูป

θ คือ มุมที่เกิดการเอียง

M คือ ขอบรูปที่เอียงลงมา

H คือ ความสูงของรูปที่เอียงจากจุดเดิม

L คือ ความยาวระหว่างจุด M ไป R

จากรูปที่ 2-7 ถ้าลากเส้นปะ ของจุด M และ R จะได้สามเหลี่ยมมุมฉาก โดยมีค่า ความสูง และความกว้างของฐาน ดังนี้

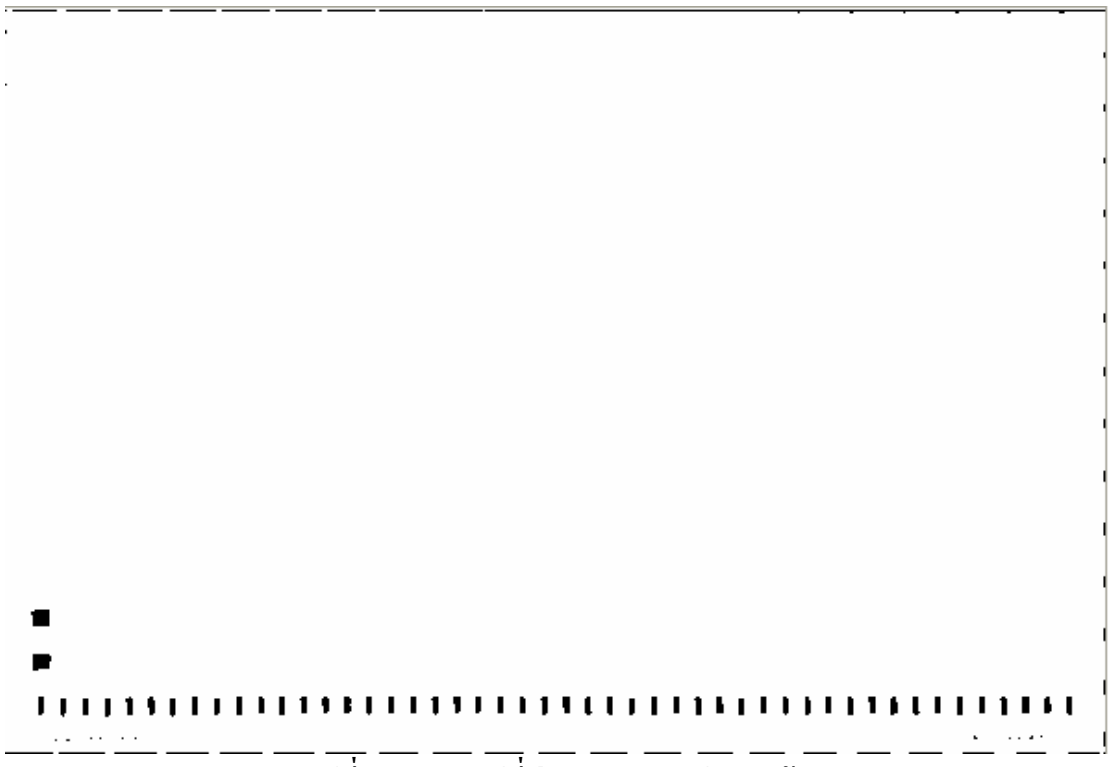
ความสูง = H

ความกว้างของฐาน = L

ซึ่งเมื่อได้ ความสูง และ ความกว้างของฐานแล้ว จะทำให้สามารถที่จะทำการคำนวณหามุมที่ทำให้ภาพเอียงได้โดยการที่ นำสูตร ตรีโกน เข้ามาช่วย คือ

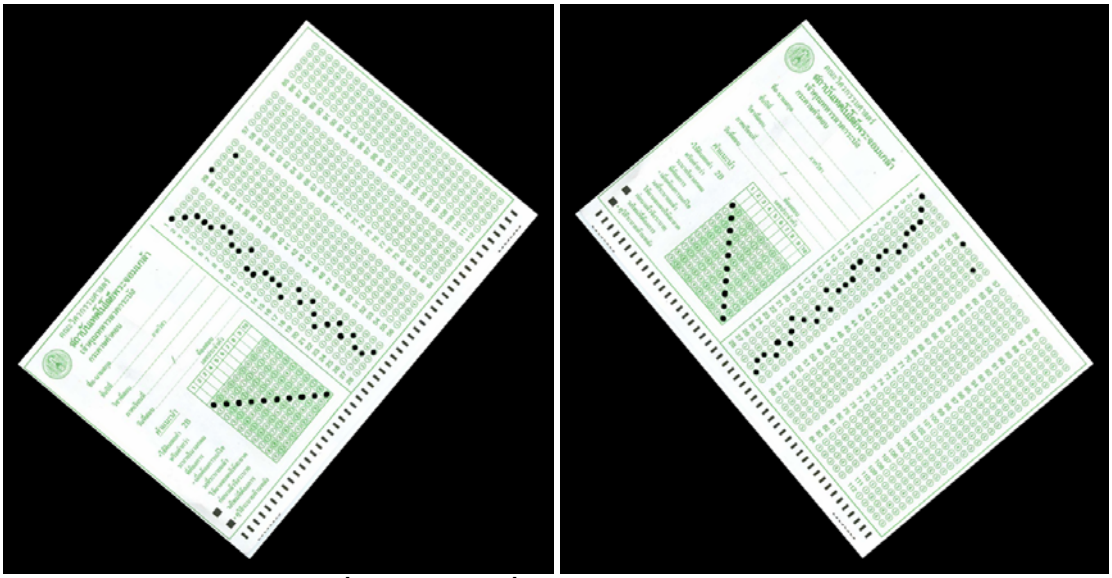
$$\theta = 1/\tan(H/L) \qquad (2.1)$$

เมื่อสามารถหามุม θ ได้แล้วก็ทำการหมุนภาพกลับให้พร้อมที่จะนำไปทำการวิเคราะห์คำตอบและหมายเลขประจำตัวผู้เข้าสอบต่อไป



รูปที่ 2.8 แสดงรูปที่ผ่านการหมุนรูปกลับแล้ว

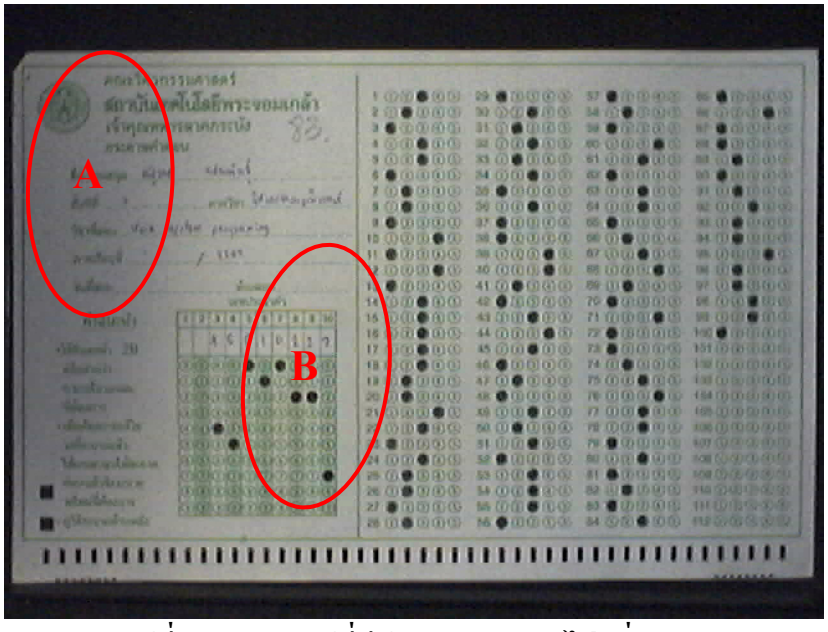
โดยหลักการปรับภาพเอียงข้างต้นสามารถที่จะนำมาใช้ในการแก้ปัญหาได้ทั้งภาพที่มีการเอียงซ้ายและเอียงขวา เพราะในการทำงานจริงสามารถที่จะเกิดการวางกระดาษเอียงได้ทั้งซ้าย และขวา ดังนั้นสิ่งที่ต้องทำก่อนที่จะหมุนคือต้องหาให้ได้ก่อนว่าภาพที่ถ่ายหรือรับเข้ามา เอียงทางซ้าย หรือ ทางขวา โดยการพิจารณารูปที่ 2.7 ที่จุด R และ M จะเห็นว่า ถ้า R ในแกน Y มากกว่า Mในแกน Y แสดงว่ารูปเอียงซ้าย, ถ้า Mในแกน Y มากกว่า R ในแกน Y แสดงว่ารูปเอียงขวา



รูปที่ 2.9 แสดงรูปที่เอียงซ้ายและขวา 50 องศา

2.5 การปรับภาพเมื่อแสงไม่สม่ำเสมอ

ในการถ่ายภาพกระดาษคำตอบมานั้น ภาพที่ได้มาส่วนใหญ่ระดับแสงจะ สม่ำเสมอ เช่น บริเวณภาพมุมขวา สว่างน้อยกว่ามุมซ้าย เป็นต้น ซึ่งอาจเกิดจากแสงจากภายนอก หรือ การจัดวางอุปกรณ์ โดยถ้านำภาพที่ได้นี้ไปทำงาน แปลงเป็นภาพขาวดำ แล้วไปทำการวิเคราะห์ อาจจะทำให้เกิดข้อผิดพลาดในการวิเคราะห์ได้ เพราะในขั้นตอนแปลงภาพสีเป็นภาพขาวดำอาจจะได้ภาพขาวดำที่ไม่สมบูรณ์เนื่องจากค่าเทรชโฮลด์(Threshold) ไม่ดีก็ได้ จึงทำให้ในการทำงานต้องหาห้องที่มีสภาพแสงที่พอดีหรือต้องจัดวางอุปกรณ์ใหม่ซึ่งเป็นการเสียเวลา ดังนั้นจึงควรปรับภาพให้อยู่ในสภาพที่ดีก่อนที่จะนำไปทำการวิเคราะห์หาคำตอบต่อไป

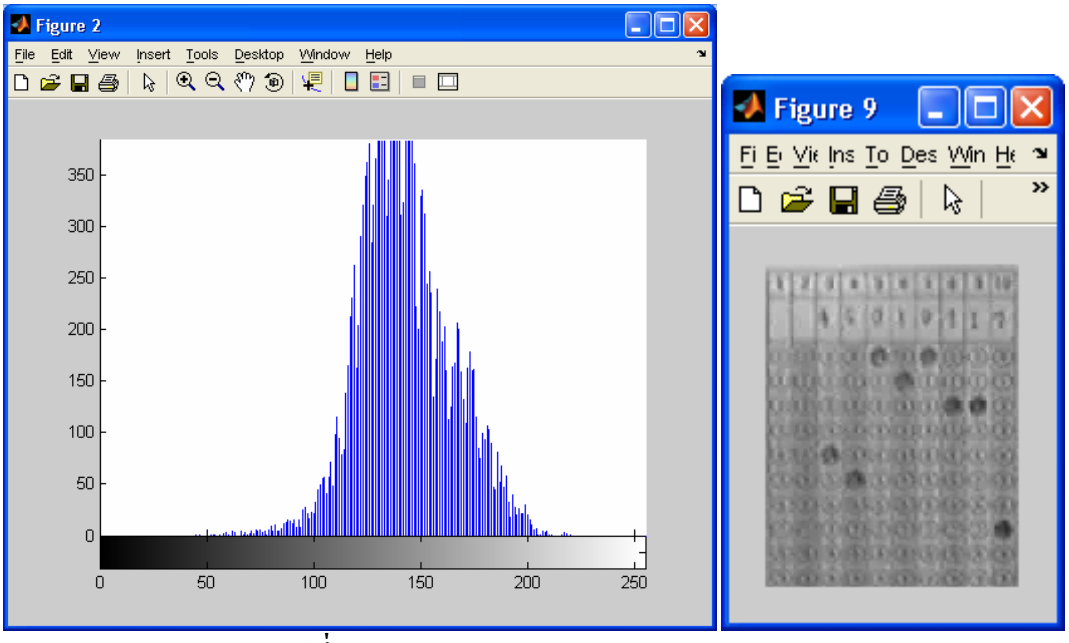


รูปที่ 2.10 แสดงรูปที่มีปัญหาสภาพแสงไม่สม่ำเสมอ

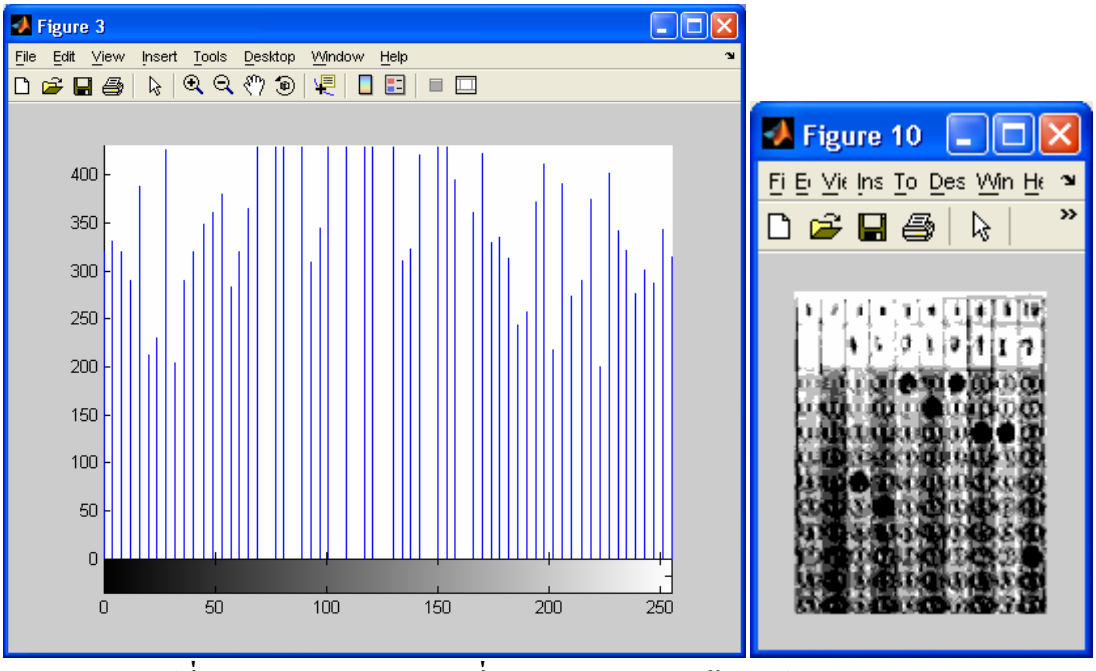
จากรูปที่ 2-10 จะเห็นว่าในจุด A และ จุด B มีความสว่างของภาพไม่เท่ากัน โดยจุด A จะมีความสว่างน้อยกว่าจุด B ซึ่งถ้านำรูปนี้ไปแปลงเป็นภาพขาวดำแล้วทำการวิเคราะห์หาคำตอบเลยจะทำให้เกิดปัญหาไม่สามารถตรวจได้ หรือการวิเคราะห์ผิดพลาด ดังนั้นควรทำให้ภาพกลับคืนมาให้เหมือนกับภาพต้นฉบับมากที่สุดก่อนที่จะนำไปหาคำตอบ โดย คณะผู้วิจัย ได้ใช้วิธี Histogram Equalization และ White-Balance มาทดลองในการทำให้ภาพกลับคืนมาเหมือนกับภาพต้นฉบับมากที่สุด

Histogram Equalization

Histogram ของภาพ คือ กราฟที่แสดงให้เห็นว่ามี pixels ที่มีค่า gray level นับอยู่กี่ pixels ดังรูปที่ 2-11 โดย แกนแนวนอนคือค่า gray level และแกนตั้งคือจำนวน pixels จะเห็นว่าค่า gray level จะไปรวมเป็นกระจุกในบริเวณเดียวกัน ซึ่งการทำ Histogram Equalization จะเป็นการกระจายค่า gray level ให้มีค่าต่าง ๆ กันไป ดังรูปที่ 2-12 เป็นรูปทำ Histogram Equalization แล้ว



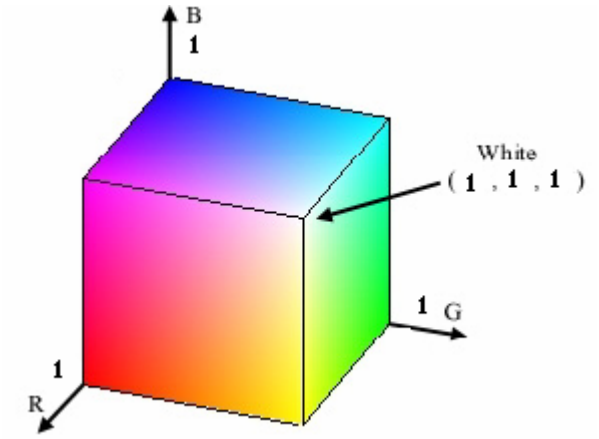
รูปที่ 2.11 แสดง Histogram ของภาพทางขวา



รูปที่ 2.12 แสดง Histogram ที่ทำ Equalization แล้วทำเป็นภาพขาวดำ

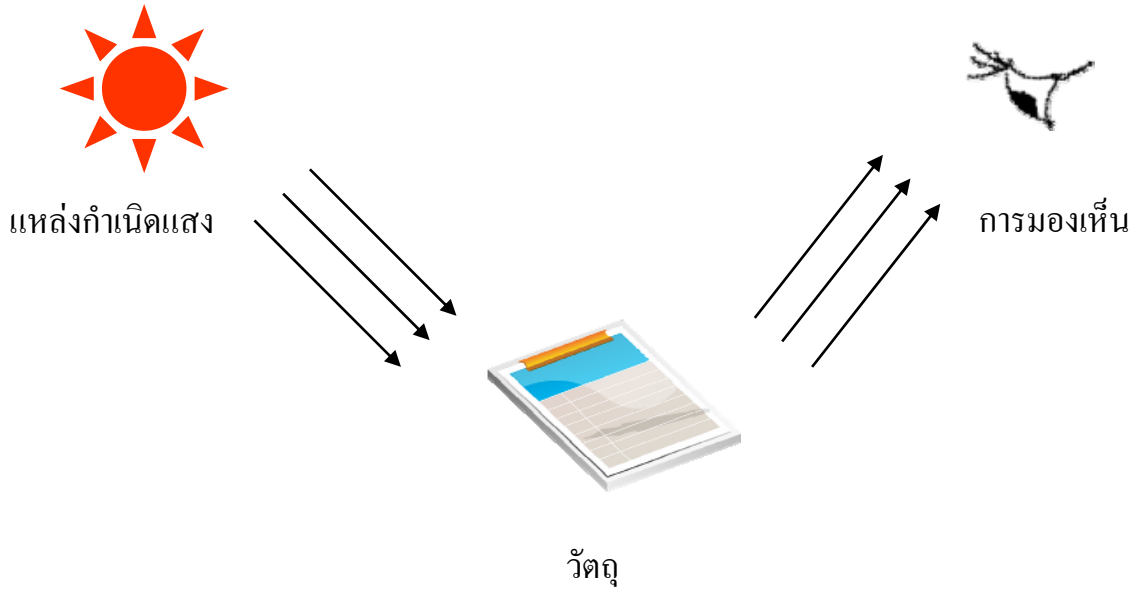
WHITE-BALANCE

จากภาพที่ 2.10 ถ้าพิจารณาภาพจะเห็นว่าภาพที่ได้มานั้นสี และค่าความเข้มของแสงของภาพที่ได้นั้นไม่สมบูรณ์ ส่วนที่เป็นสีขาวของภาพก็ไม่เป็นสีขาวตามของจริง จุดนี้เอง คณะผู้วิจัยเห็นว่าถ้าทำให้จุดที่เป็นสีขาวเป็นสีขาวคืนมาก็จะทำให้ทุกส่วนของภาพกลับคืนมาด้วยโดยเราจะศึกษาจากรูป ที่ 2-13



รูปที่ 2.13 แสดงระดับสีต่างๆ

จากรูปที่ 2.13 ถ้าให้ R=1,B=0,G=0 สีที่เราเห็นก็เป็น สี แดง หรือถ้าให้ R=1,B=1,G=1 ก็จะเห็นเป็นสีขาว (R คือสีแดง Bคือสีฟ้า Gคือสีเขียว) ซึ่งถ้าให้ R=1,B=0,G=1 จะได้สีเหลือง จากหลักการนี้เอง เราจะได้ความสัมพันธ์ของรูปที่ 2-14



รูปที่ 2.14 แสดงภาพความสำพันธ์แสงที่สะทอนกับวัตถุ

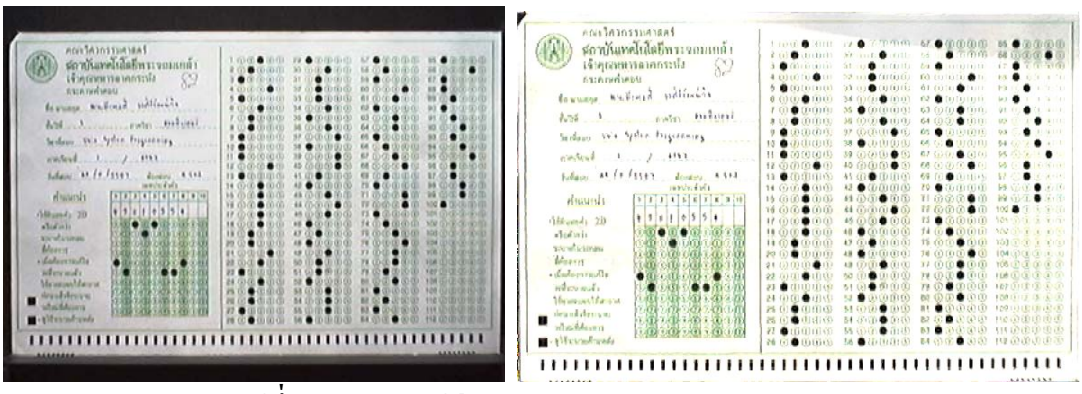
จากรูปที่ 2-14 จะทำให้เราได้สมการ ดังนี้

ภาพที่เรามองเห็น = แสงที่ส่งมา * สีวัตถุ (2.2)

จากสมการ หรือรูปข้างข้างต้นสิ่งที่เราเห็นจะเป็นวัตถุสีฟ้า ไม่ใช้สีขาว ดังนั้น ถ้าต้องการจะทำให้เห็นเป็นสีขาวดังเดิมสามารถ ทำได้ดังนี้

ภาพที่เรามองเห็น(ที่ทำการปรับแล้ว) = **[สีวัตถุ / ภาพที่เรามองเห็น** (ของเก่า) **] * สีวัตถุ**

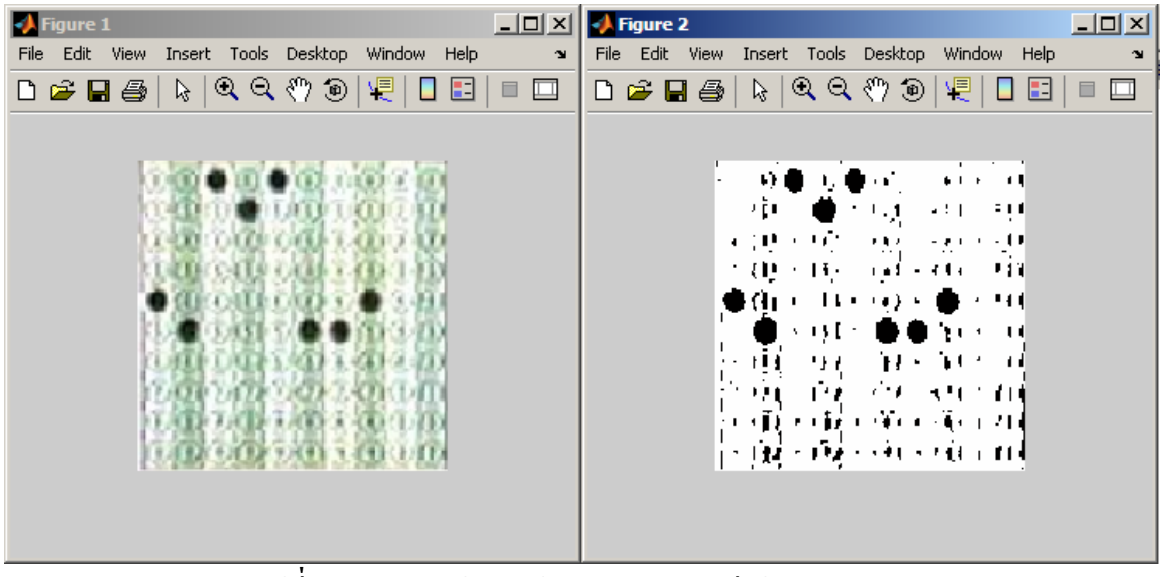
โดยจาก สมการ ข้างต้นจะได้วัตถุสีขาวคืนมา ซึ่งเรารู้ว่าสีของวัตถุนั้นเป็นสีขาว



รูปที่ 2.15 แสดงรูปก่อนและหลังทำ WHITE-BALANCE

2.6 การตรวจรหัสนักศึกษาและคำตอบ

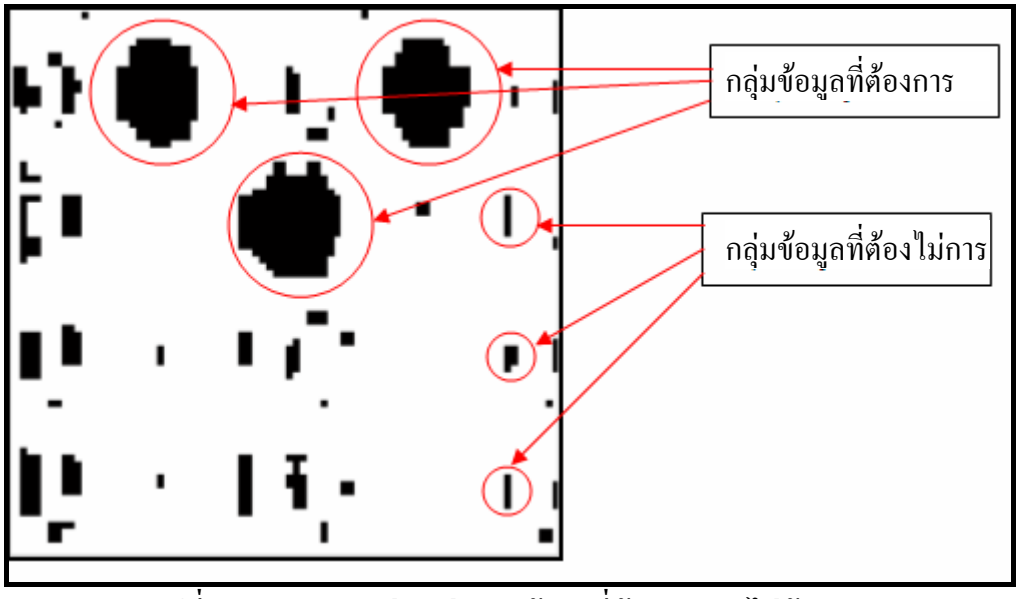
ในการเปลี่ยนรูปแบบภาพจากภาพสีเป็นภาพขาวดำนั้น หลังจากทำการปรับปรุงคุณภาพของแสงแล้ว ยังมีส่วนของภาพที่ไม่ต้องการ ซึ่งมีผลต่อการตรวจสอบ ดังนั้นก่อนที่จะใช้วิธีการหาคำตอบต้องมีกระบวนการเอาจุดของภาพที่ไม่ต้องการออก



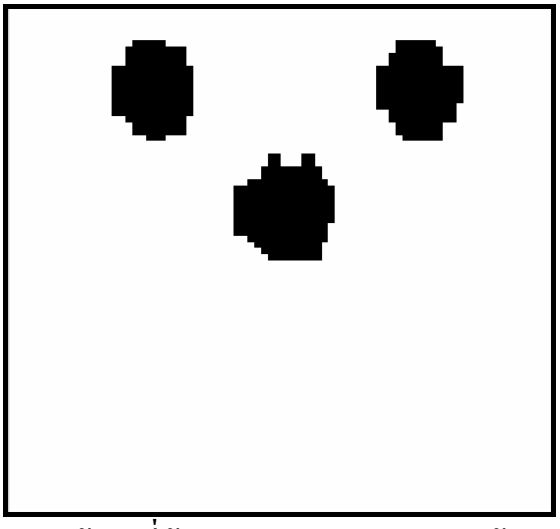
รูปที่ 2.16 แสดงรูปการแปลงภาพจากภาพสีเป็นขาวดำ

การกรองภาพเฉพาะบริเวณที่ทำเครื่องหมาย

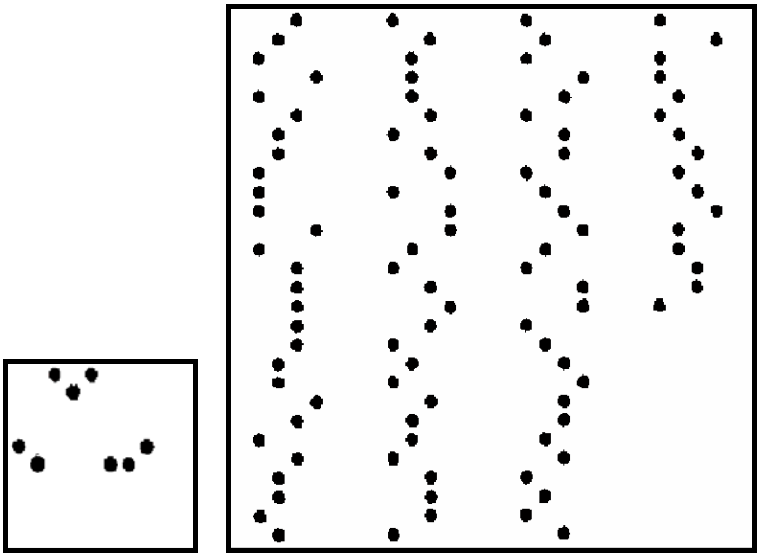
จากรูปที่ 2-16 จะเห็นได้ว่าภาพที่ผ่านวิธีการแปลงภาพจากภาพสีเป็นภาพขาวดำแล้วนั้น ยังมีส่วนของภาพที่ไม่ต้องการหลงเหลืออยู่ กระบวนการที่ใช้ในการกรองเอาเฉพาะภาพของจุดที่มีการฝน กระดาษคำตอบนั้นจะใช้วิธีการเลือกกลุ่มของข้อมูล โดยจะใช้พื้นที่วงกลมของจุดที่ฝนกระดาษ คำตอบเป็นค่าอ้างอิงซึ่งในการเลือกกลุ่มของข้อมูลที่สนใจนั้นจะเลือกกลุ่มข้อมูลที่มีจำนวนสมาชิกเท่ากับพื้นที่ของวงกลม โดยเผื่อค่าความผิดพลาด 10 % ในกรณีที่ฝนเกินขอบและไม่ถึงกรอบการฝนกระดาษคำตอบ



รูปที่ 2.17 แสดงตัวอย่างกลุ่มของข้อมูลที่ต้องการและไม่ต้องการ



รูปที่ 2.18 แสดงเฉพาะสมาชิกข้อมูลที่ต้องการหลังจากการกรองเอาข้อมูลที่ไม่ต้องการออกไปแล้ว

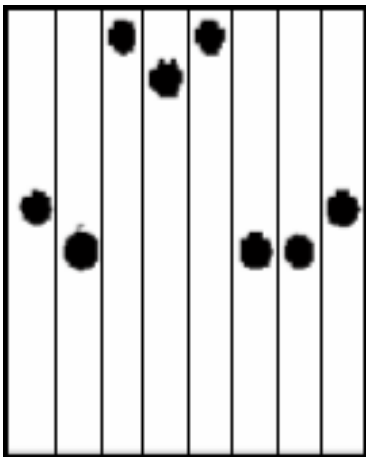


รูปที่ 2.19 แสดงรูปรหัสนักศึกษาและคำตอบหลังจากทำการกรองเฉพาะข้อมูลที่ต้องการ

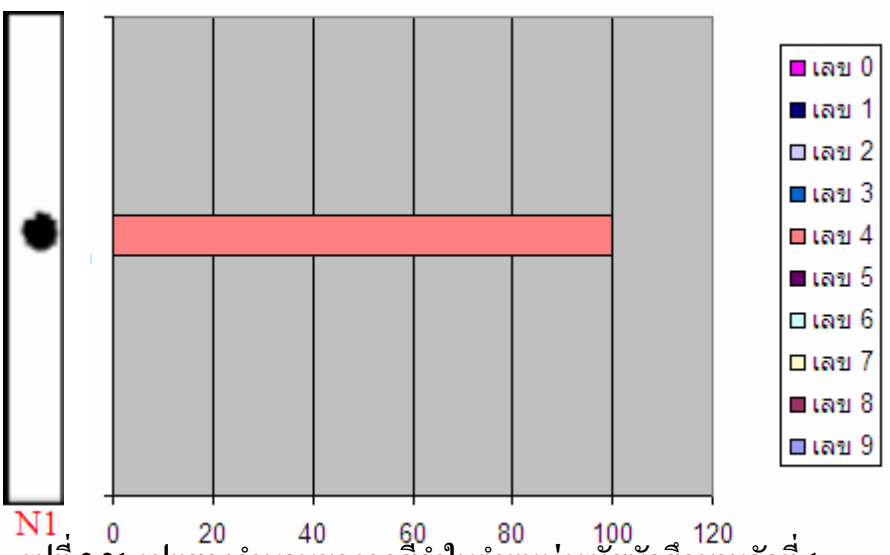
หลังจากการทำการกรองเฉพาะกลุ่มของสมาชิกข้อมูลที่ต้องการแล้ว จะเห็นเหลือเพียงจุดที่นักศึกษาฝนคำตอบเท่านั้น การทำการกรองข้อมูลเพื่อลดความผิดพลาดทีเกิดขึ้นกับภาพทีมีองค์ประกอบของข้อมูลที่ไม่ต้องการเป็นจำนวนมาก

การทำเวอร์ติคอนสแกน (Vertical Scan)

เมื่อได้ภาพของกระดาษคำตอบที่ผ่านการกรองกลุ่มของข้อมูลที่ไม่ต้องการออกไปแล้ว ในส่วนของรหัสนักศึกษาจะเลือกการคำนวณทีละชุดข้อมูลตามหลักของรหัสนักศึกษา ในส่วนของคำตอบจะเลือกทีละชุดข้อมูลของคำตอบแต่ละข้อ

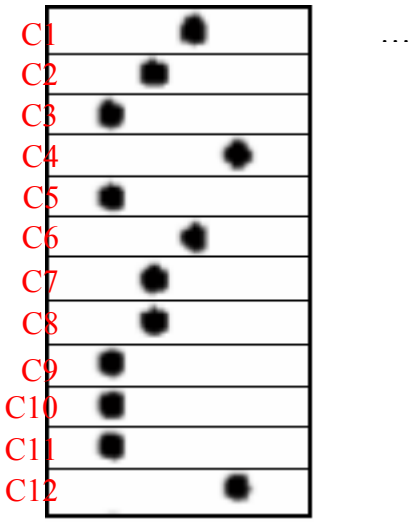


รูปที่ 2.20 แสดงรูปการแบ่งชุดของข้อมูลรหัสนักศึกษา



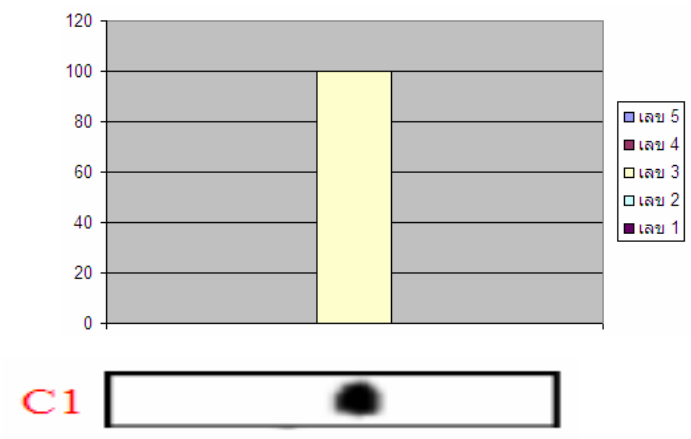
รูปที่ 2.21 รูปแสดงจำนวนของจุดสีดำในตำแหน่งรหัสนักศึกษาหลักที่ 1

จากรูปที่ 2-21 แสดงให้เห็นถึงจำนวนจุดสีดำที่อยู่ในตำแหน่งรหัสนักศึกษาในหลักที่ 1 ซึ่งจะสามารถวิเคราะห์ได้ว่านักศึกษาฝนรหัสนักศึกษาตำแหน่งที่ 1 คือหมายเลข 4 โดยใช้วิธีการ Vertical Scan นี้กับทุกหลักของรหัสนักศึกษาเริ่มตั้งแต่หลักแรกของนักศึกษาจนไปถึงหลักสุดท้ายของนักศึกษา จากนั้นทำการบันทึกลงฐานข้อมูล



รูปที่ 2.22 แสดงรูปการแบ่งชุดข้อมูลของคำตอบ

จากรูปเป็นการแบ่งชุดข้อมูลเป็นข้อข้อเพื่อให้ง่ายต่อการนำไปวิเคราะห์ ซึ่งแต่ละชุดข้อมูลจะได้ค่าของคำตอบแต่ละข้อ



รูปที่ 2.23 รูปแสดงจำนวนของจุดสีดำในตำแหน่งข้อสอบข้อ 1

จากรูปที่ 2-23 แสดงให้เห็นจำนวนจุดสีดำในข้อ 1 ซึ่งอยู่ในบริเวณการฝนหมายเลข 3 จะได้คำตอบว่าข้อแรกนั้นนักศึกษาฝนข้อ 3 ซึ่งทำทุกชุดข้อมูลในกระดาษคำตอบ จากนั้นทำการบันทึกลงฐานข้อมูล