# บทที่ 1

# บทนำ

## ที่มาของงานวิจัย

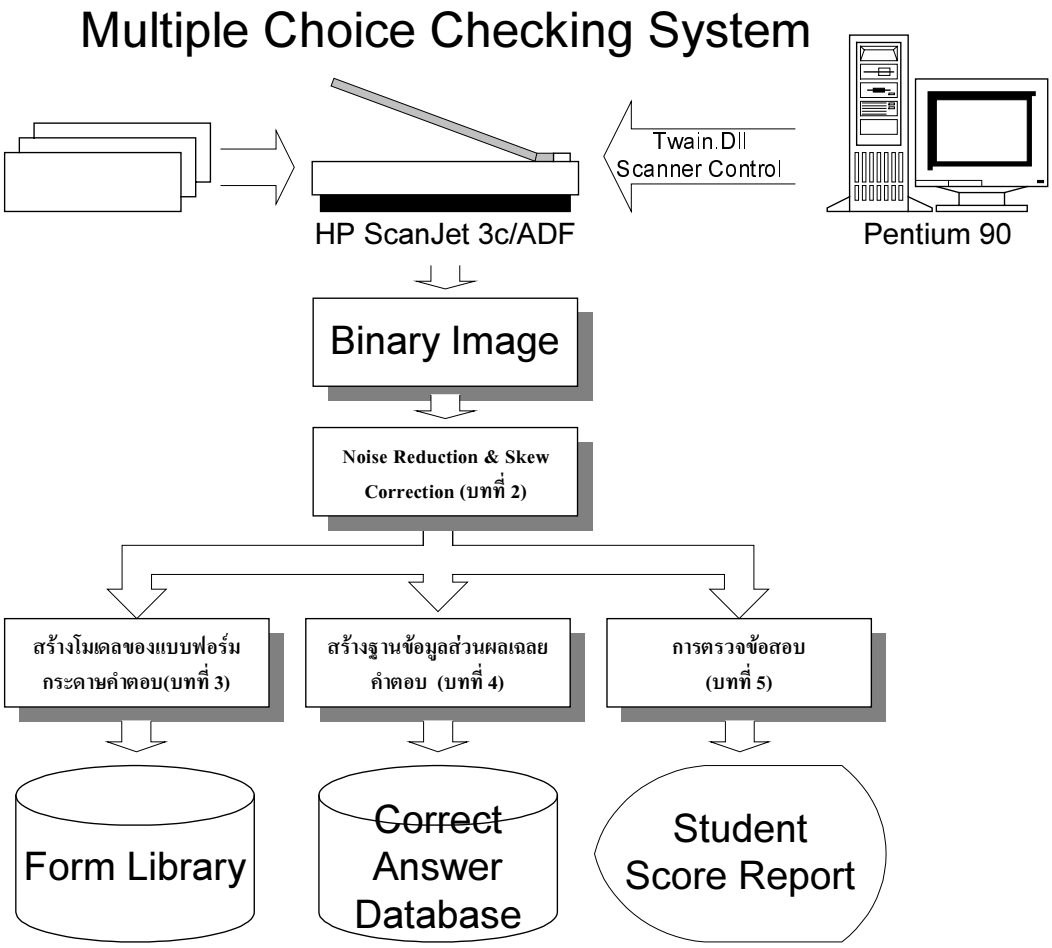
การตรวจข้อสอบปรนัยด้วยเครื่องตรวจข้อสอบระบบแสง (Optical Mark Reader : OMR) กำลังเป็นที่นิยมอย่างมากในปัจจุบัน ทั้งนี้เพราะเครื่องตรวจข้อสอบระบบแสงเป็นเครื่องมือทางอิเล็กทรอนิคที่สามารถตรวจข้อสอบได้ด้วยความรวดเร็ว และถูกต้อง แต่การตรวจข้อสอบด้วยเครื่องตรวจข้อสอบระบบแสงก็มีข้อจำกัดอยู่มาก ยกตัวอย่างเช่น รูปแบบของกระดาษคำตอบที่ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ การทำข้อสอบก็บังคับให้ใช้ดินสอขนาดความเข้ม 2B หรือมากกว่า และต้องเลือกทำข้อสอบแบบระบายเต็มรอบวงกลม หรือกรอบสี่เหลี่ยมที่กำหนดไว้เท่านั้น จากปัญหาของความยืดหยุ่นของการตรวจข้อสอบด้วยเครื่องตรวจข้อสอบระบบแสงที่กล่าวมาข้างต้น ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะเสนอการตรวจข้อสอบปรนัยโดยใช้หลักการของการประมวลผลภาพ ซึ่งจะทำให้สามารถตรวจข้อสอบได้อย่างยืดหยุ่น รวดเร็ว มีประสิทธิภาพ และมีความน่าเชื่อถือ

## แนวทางการพัฒนา

ระบบตรวจข้อสอบปรนัยวิธีที่นำเสนอในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ จะทำการพัฒนาภายใต้หลักการของการประมวลผลภาพ (Image Processing) เป็นพื้นฐาน โดยการกำหนดให้เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ส่งสัญญาณควบคุมไปยังเครื่องสแกนเนอร์ให้สร้างข้อมูลภาพสำหรับการประมวลผลส่งกลับมายังเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ จากนั้นก็สร้างโปรแกรมเพื่อทำการประมวลผลกับภาพที่ได้จากสแกนเนอร์ โดยโปรแกรมประมวลผลภาพนั้นจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนการประมวลผลขั้นต้นเพื่อปรับปรุงคุณภาพของข้อมูลภาพ และการประมวลผลเพื่อการตรวจข้อสอบ ดังแสดงขั้นตอนการทำงานโดยรวมในภาพที่ 1

Copyright: Graduate School, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, (1997).

ภาพที่ 1




ระบบตรวจข้อสอบปรนัยที่ใช้หลักการของการประมวลผลภาพ

จากภาพที่ 1 แสดงระบบตรวจข้อสอบปรนัยที่ใช้หลักการของการประมวลผลภาพ เริ่มการทำงานจาก การโปรแกรมให้คอมพิวเตอร์ส่งสัญญาณควบคุมไปยังเครื่องสแกนเนอร์ให้ทำการสร้างภาพ ซึ่งในการสั่งให้สแกนเนอร์สร้างภาพนั้นใช้ไลบรารีสำหรับวินโดวส์ชื่อ Twain.Dll ซึ่งเป็นจะเป็นไลบรารีมาตรฐานสำหรับการควบคุมสแกนเนอร์ ในการสร้างภาพของ Twain.Dll จะสามารถกำหนดเงื่อนไขในการสร้างภาพไว้ได้หลายระดับสี เช่น 2, 256, และ 16.7 ล้านระดับสี แต่ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะกำหนดให้สร้างสแกนเนอร์สร้างไบนารี ด้วยความละเอียดการสแกน 75 จุดภาพต่อนิ้ว แม้ว่าการสแกนภาพที่ระดับความละเอียดการสแกน 75 จุดภาพต่อนิ้ว จะทำให้คุณภาพของภาพเอกสารที่น้อยกว่าการสแกนด้วยความละเอียด 100 หรือ 300 จุดภาพต่อนิ้ว แต่เนื่องจากในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ต้องการภาพเอกสารที่ไม่มีคุณภาพของภาพเอกสารที่สูงมาก เพราะเป้าหมายของ

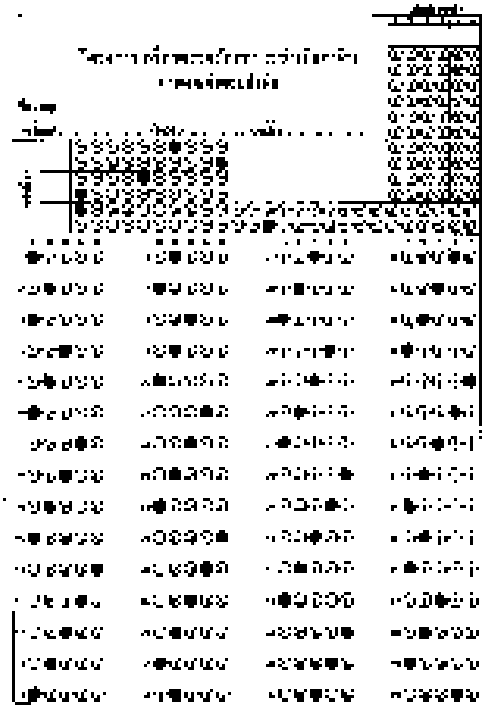
Copyright: Graduate School, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, (1997).

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ไม่ใช่การรู้จำ (Pattern Recognition) แต่เป็นการพยายามทำให้คอมพิวเตอร์เข้าใจถึงโครงสร้างของแบบฟอร์มแต่ละประเภทโดยใช้เส้นตรงเป็นพารามิเตอร์ในการจำแนก และอีกทั้งในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ต้องการความรวดเร็วของการประมวลผล ดังนั้นการสแกนภาพแล้วได้ขนาดภาพที่เท่าขนาดภาพจริง มีคุณภาพของภาพเอกสารในระดับที่ยอมรับได้ ย่อมใช้เวลาในการประมวลผลที่น้อยกว่า นอกจากนี้การสแกนภาพที่มีรายละเอียดที่สูงกว่าจะทำให้ได้ขนาดของภาพที่ใหญ่กว่าและใช้เวลาในการประมวลผลมากกว่า เช่นถ้าเราพิจารณาขนาดของเส้นตรง ในภาพที่สแกนมาด้วยรายละเอียดการสแกน 75 จุดภาพต่อนิ้ว จะทำให้เราได้ภาพของเส้นตรงที่มีความหนาประมาณ 1 จุดภาพ แต่ถ้าสแกนด้วยรายละเอียดการสแกน 300 จุดภาพต่อนิ้ว เส้นตรงเส้นนั้นอาจมีความหนาขนาด 3-4 จุดภาพ ดังนั้นถ้าจะต้องใช้ภาพที่สแกนมาด้วยรายละเอียดที่สูงกว่า 75 จุดภาพต่อนิ้วในการทดลอง ก่อนที่จะเข้าสู่กระบวนการของการประมวลผลตามหลักการที่นำเสนอในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้นั้นต้องเพิ่มกระบวนการ Thinning เส้นตรงให้มีขนาดเล็กลงก่อน นั้นก็คือเวลาในการประมวลผลของระบบตรวจข้อสอบย่อมมากขึ้น

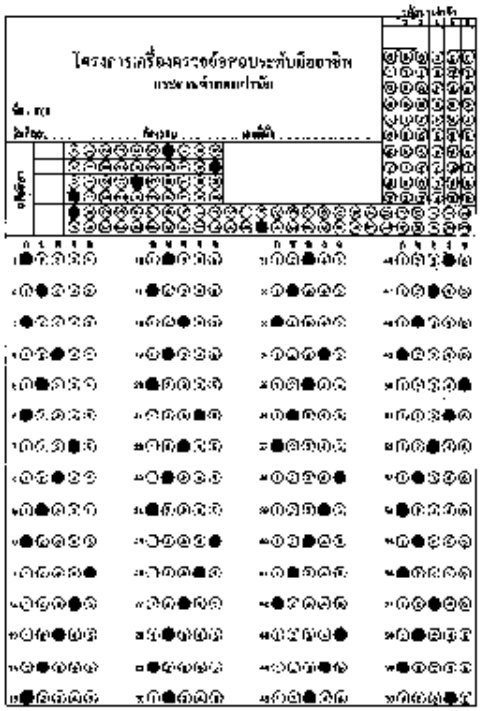
พิจารณาภาพที่ 2 ซึ่งเป็นตัวอย่างของภาพที่สแกนเข้ามาด้วยรายละเอียดการสแกนที่แตกต่างกัน โดยเริ่มจากการสแกนที่รายละเอียด 30, 50, 75 และ 300 จุดภาพต่อนิ้ว ในภาพที่สแกนมาต่ำกว่า 75 จุดภาพต่อนิ้ว (ภาพที่ 2 (ก) และ (ข)) จะปรากฏภาพที่มีคุณภาพต่ำมาก ไม่สามารถนำภาพที่สแกนเข้ามานั้นไปประมวลผลต่อไปได้ เช่น ไม่สามารถหาเส้นตรงจากภาพได้ จำนวนจุดภาพดำมีน้อยเกินไป ทำให้ได้รายละเอียด (Information) จากภาพที่ไม่ชัดเจน แต่เมื่อพิจารณาภาพที่ 2 (ค) และ (ง) ซึ่งสแกนด้วยรายละเอียดการสแกน 75 และ 300 จุดภาพต่อนิ้ว ตามลำดับ ปรากฏว่าภาพที่ได้มานั้นให้รายละเอียดของภาพที่ครบถ้วนและชัดเจน สามารถหาเส้นตรงในภาพได้ และเมื่อจะพิจารณาถึงเวลาของการประมวลผลเพื่อการอ่านข้อมูลในทุกตำแหน่งจุดภาพเพียงอย่างเดียวระหว่างภาพที่สแกนด้วยรายละเอียดการสแกน 75 และ 300 จุดภาพต่อนิ้ว พบว่า ภาพที่ 2 (ค) ใช้เวลา 0.164535 วินาที โดยภาพมีขนาด 399 x 584 จุดภาพ ส่วนภาพที่ 2 (ง) ใช้เวลา 2.087912 วินาที เมื่อภาพมีขนาด 1595 x 2333 จุดภาพ ดังนั้น ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จึงเลือกใช้ภาพที่ให้รายละเอียดที่พอเหมาะที่สามารถใช้เวลาในการประมวลผลที่ต่ำกว่า นั้นคือ ใช้ภาพที่มีรายละเอียดการสแกน 75 จุดภาพต่อนิ้ว

Copyright: Graduate School, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, (1997).

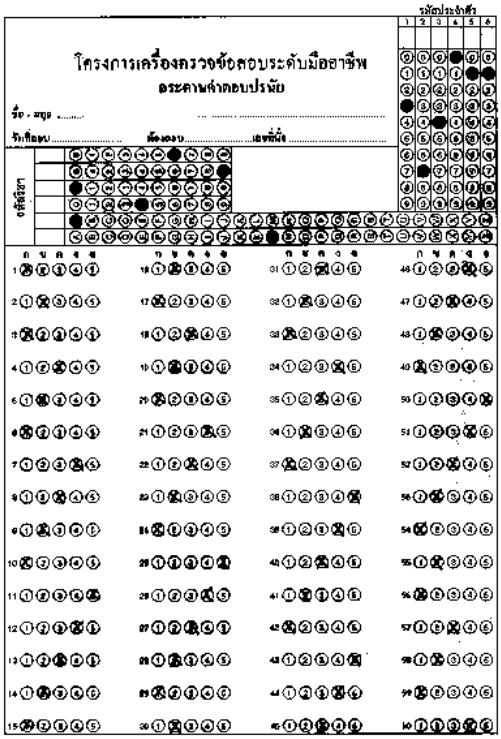
ภาพที่ 2



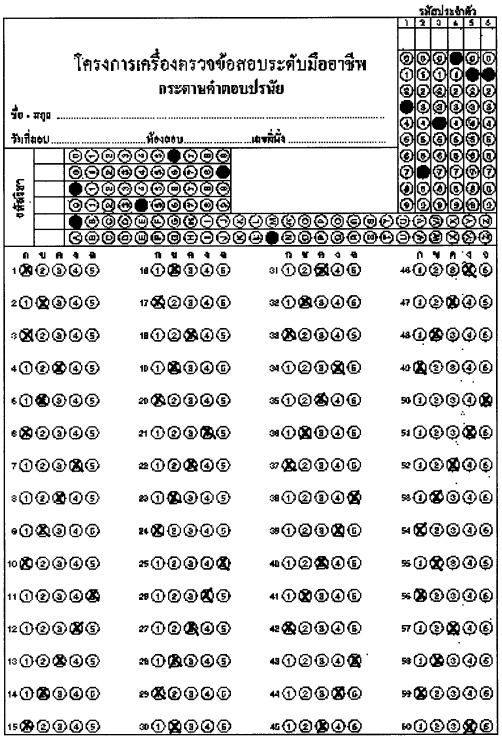
ก.) ภาพเอกสารสแกนที่ 30 dpi



ข.) ภาพเอกสารสแกนที่ 50 dpi



ค.) ภาพเอกสารสแกนที่ 75 dpi



ง.) ภาพเอกสารสแกนที่ 300 dpi

ตัวอย่างภาพเอกสารที่สแกนเข้ามาด้วยรายละเอียดการสแกนต่างกัน

Copyright: Graduate School, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, (1997).

จากภาพที่ได้จากสแกนเนอร์ นำเข้าสู่การประมวลผลขั้นต้น ซึ่งประกอบด้วยการ การกำจัดสัญญาณรบกวน (Noise Reduction) และการแก้ความเอียงของภาพเอกสาร (Skew Correction) ซึ่งจะได้กล่าวอธิบายรายระเอียดในบทที่ 2 จากนั้นจะเป็นการประมวลผลของระบบตรวจข้อสอบปรนัย เนื่องจากในระบบตรวจข้อสอบปรนัยที่นำเสนอในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ต้องการที่จะทำให้ระบบงานนี้สามารถตรวจข้อสอบได้กับแบบฟอร์มข้อสอบหลายๆ ประเภทที่ออกแบบไว้โดยผู้ใช้ตามเงื่อนไขที่กำหนดเพื่อเป็นแนวทางในการวิจัย และนอกจากนี้ก็ยังต้องการให้ระบบงานนี้สามารถตรวจข้อสอบที่มีการทำข้อสอบหลายรูปแบบ ไม่ว่าจะเป็นการกากบาท หรือการทำข้อสอบโดยการระบายในวงกลม ดังนั้นจึงแบ่งขั้นการประมวลผลออกเป็น 3 ขั้นตอน คือ

- การสร้างโมเดลของแบบฟอร์มกระดาษคำตอบ ซึ่งในการประมวลผลขั้นตอนนี้จะเป็นการพยายามทำให้คอมพิวเตอร์มีความเข้าใจถึงโครงสร้างของแบบฟอร์มกระดาษคำตอบปรนัยแต่ละประเภท โดยข้อมูลที่ได้จากการทำงานในขั้นตอนนี้จะเก็บลงฐานข้อมูลที่มีชื่อเรียกเฉพาะว่า “ฟอร์มไลบรารี” ซึ่งขั้นตอนนี้จะได้กล่าวถึงในบทที่ 3

- การสร้างฐานข้อมูลส่วนผลเฉลยคำตอบ ในการประมวลผลขั้นตอนนี้จะเป็นการสร้างความรู้เพิ่มเติมให้กับคอมพิวเตอร์เพื่อให้สามารถบอกได้ว่าผลเฉลยของแต่ละรายวิชา ในแบบฟอร์มแต่ละประเภทอยู่ในตำแหน่งวงกลมใด ซึ่งรายละเอียดของการประมวลผลจะได้กล่าวถึงในบทที่ 4

- การตรวจข้อสอบ เมื่อสร้างฐานความรู้สำหรับการตรวจข้อสอบพร้อมแล้ว ก็พร้อมที่จะทำการตรวจข้อสอบ โดยให้วางฟอร์มข้อสอบปรนัยที่ต้องการตรวจไว้บนเครื่องป้อนกระดาษอัตโนมัติที่อยู่บนสแกนเนอร์ แล้วโปรแกรมให้ Twain.Dll ดึงกระดาษเข้ามาที่ละแผ่นเพื่อทำการตรวจข้อสอบ โดยการหาประเภทของแบบฟอร์มข้อสอบที่สแกนเข้ามา และการวิเคราะห์หารหัสวิชาเพื่ออ่านผลเฉลยของรายวิชานั้นออกมา สุดท้ายจึงทำการเปรียบเทียบข้อมูลระหว่างลิสต์ของผลเฉลย กับลิสต์ของตัวเลือกคำตอบที่อินพุตเข้ามาเพื่อทำการตรวจข้อสอบ ซึ่งรายละเอียดของอัลกอริธึมจะเสนอในบทที่ 5 ของวิทยานิพนธ์

Copyright: Graduate School, King Mongkut’s Institute of Technology Ladkrabang, (1997).

## วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาแนวทางในการพัฒนาโปรแกรมต้นแบบเพื่อตรวจข้อสอบปรนัย ที่มีความรวดเร็ว ถูกต้อง ยืดหยุ่น มีประสิทธิภาพ และมีความน่าเชื่อถือในการตรวจข้อสอบ โดยใช้หลักการของการประมวลผลภาพเป็นพื้นฐานในการพัฒนาโปรแกรม

2. พัฒนาโปรแกรมต้นแบบสำหรับการตรวจข้อสอบปรนัยตามแนวทางที่ได้ศึกษาไว้

3. ต้องการระบบตรวจข้อสอบปรนัยที่สามารถตรวจข้อสอบด้วยความยืดหยุ่น รวดเร็ว และมีประสิทธิภาพ

4. เป็นงานวิจัยต้นแบบสำหรับงานวิจัยอย่างอื่นที่ต้องใช้ทฤษฎีพื้นฐานในการวิจัยคล้ายคลึงกัน เช่น การประมวลผลแบบฟอร์ม เป็นต้น

## ขอบเขตของวิทยานิพนธ์

ในวิทยานิพนธ์นี้ได้กำหนดขอบเขตของการศึกษาและทำวิจัยดังนี้

1. ภาพเอกสารที่ใช้ในการทดลองเป็นภาพเอกสารไบนารี ที่สแกนด้วยรายละเอียดการสแกน 75 จุดภาพต่อนิ้ว

2. ภาพเอกสารสามารถหาแนวเส้นตรงในแนวแกนตั้งและแกนนอนที่ชัดเจน และสามารถใช้แยกเส้นตรงในแกนนอนสำหรับจำแนกประเภทของแบบฟอร์มกระดาษได้

3. กระดาษคำตอบแต่ละชนิดที่ออกแบบโดยผู้ใช้ ประกอบด้วยฟิลด์ข้อมูล 4 ประเภท คือ ฟิลด์ข้อมูลรหัสประจำตัวผู้เข้าสอบจัดวางตัวในแนวตั้ง ฟิลด์ข้อมูลรหัสวิชา ฟิลด์ข้อมูลคำตอบ โดยทั้งสองฟิลด์ข้อมูลวางตัวในแนวนอน และฟิลด์ที่ไม่สนใจพิจารณา

## ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. โปรแกรมตรวจข้อสอบที่พัฒนาขึ้น สามารถนำไปใช้ได้ในระบบงานจริง มีความถูกต้อง รวดเร็ว ยืดหยุ่น และผลลัพธ์ที่ได้มีความน่าเชื่อถือ

2. เป็นโปรแกรมต้นแบบของการพัฒนาซอฟท์แวร์ร่วมกับฮาร์ดแวร์ในการตรวจข้อสอบและงานอื่นๆ

3. เป็นต้นแบบของงานวิจัยในสาขาที่เกี่ยวข้อง เช่น งานวิจัยสาขาประมวลผลแบบฟอร์ม

Copyright: Graduate School, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, (1997).

## เนื้อหาของวิทยานิพนธ์

ในวิทยานิพนธ์นี้ได้เสนอวิธีการวิจัยของระบบตรวจข้อสอบปรนัยอัตโนมัติ เนื้อหาแยกออกเป็น 7 บทดังต่อไปนี้

บทที่ 1 บทนำ กล่าวถึง ที่มาของงานวิจัย แนวทางการพัฒนา วัตถุประสงค์ของงานวิจัย ขอบเขตของวิทยานิพนธ์ ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ และเนื้อหาของงานวิจัย

บทที่ 2 การประมวลผลขั้นต้น กล่าวถึง การกำจัดสัญญาณรบกวน การแก้ความเอียงของหน้าเอกสาร และการหมุนภาพเอกสารกลับ

บทที่ 3 การสร้างโมเดลของแบบฟอร์มกระดาษคำตอบ ซึ่งจะกล่าวถึง การแยกประเภทแบบฟอร์มโดยใช้เส้นตรงในแนวนอน การสร้างโมเดลของแบบฟอร์มกระดาษคำตอบ ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ โมเดลของรหัสวิชา โมเดลของรหัสประจำตัวผู้เข้าสอบ และ โมเดลของตัวเลือกคำตอบ โดยการประยุกต์ใช้หลักการของการประมวลผลภาพ ท้ายที่สุดของวิทยานิพนธ์บทนี้ได้กล่าวถึงโครงสร้างข้อมูลที่จัดเก็บไว้ในฟอร์มไลบรารี

บทที่ 4 การสร้างฐานข้อมูลส่วนเฉลยคำตอบ ในบทนี้จะเป็นการกล่าวถึง การสร้างฐานความรู้เพิ่มเติมให้กับคอมพิวเตอร์เพื่อให้สามารถตรวจข้อสอบได้ ซึ่งก็ได้แก่ การวิเคราะห์หารหัสวิชาของผลเฉลย และการสร้างฐานข้อมูลส่วนผลเฉลยคำตอบ และได้กล่าวถึงโครงสร้างข้อมูลของฐานข้อมูลส่วนผลเฉลยคำตอบ

บทที่ 5 การตรวจข้อสอบ ในบทนี้จะได้กล่าวถึงขั้นตอนของการตรวจข้อสอบปรนัยโดยการใช้ฐานข้อมูลที่มีการสร้างไว้ล่วงหน้าในบทที่ 3 และ 4 เป็นบรรทัดฐานสำหรับการตรวจข้อสอบ ซึ่งแบ่งขั้นตอนการประมวลผลออกเป็น การวิเคราะห์หารหัสประจำตัวผู้เข้าสอบ และการตรวจคำตอบ

บทที่ 6 ระบบตรวจข้อสอบปรนัยที่ใช้หลักการของการประมวลผลภาพ ในบทนี้จะเป็นการกล่าวสรุปถึงการพัฒนาระบบตรวจข้อสอบปรนัยในส่วนที่เกี่ยวกับ ฮาร์ดแวร์ และซอฟท์แวร์

บทที่ 7 สรุปผลการทดลอง กล่าวถึง สรุปผลการทดลอง ปัญหาและข้อเสนอแนะในการวิจัยขั้นต่อไป

Copyright: Graduate School, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, (1997).

# บทที่ 2

# การประมวลผลขั้นต้น

ข้อมูลภาพที่สแกนเข้ามาจากเครื่องสแกนเนอร์ อาจเป็นข้อมูลภาพที่ไม่พร้อมสำหรับการประมวลผลจริง ทั้งนี้เพราะเอกสารที่สแกนเข้ามาอาจเกิดจุดภาพที่ไม่พึงประสงค์ ซึ่งไม่ควรจะนำเข้ามาร่วมในการประมวลผล ดังนั้นเราต้องทำการกำจัดจุดภาพเหล่านั้นออกไปก่อน ซึ่งในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ก็ได้ศึกษาถึงวิธีการในการกำจัดสัญญาณรบกวน 2 รูปแบบ คือ การใช้มอร์โฟโลยี และการใช้อัลกอริธึมของ kFill โดยการกำหนดมาส์ก หรือหน้าต่างในการทดลองเท่ากับ 3 x 3

นอกจากการกำจัดสัญญาณรบกวนที่เกิดในภาพเอกสารแล้วยังมีการประมวลผลอีกอย่างที่มีความจำเป็น ก็คือ การแก้ความเอียงของหน้าเอกสาร ทั้งนี้เนื่องจากในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ กำหนดให้การสร้างภาพจะต้องใช้สแกนเนอร์ที่มีเครื่องป้อนกระดาษอัตโนมัติเป็นเครื่องมือ ซึ่งเมื่อทำการดึงกระดาษเข้ามา ถ้าระบบการดึงกระดาษทำงานไม่พร้อมกันก็อาจทำให้แบบฟอร์มกระดาษคำตอบที่ไปวางอยู่บนแผ่นกระจกของเครื่องสแกนเนอร์มีความเอียงจากมุมปกติ ดังนั้นก่อนการประมวลผลขั้นตอนจริงก็ต้องทำการแก้ความเอียงของหน้าเอกสารก่อน โดยจะใช้แนวของตำแหน่งจุดภาพดำทางซ้ายของบรรทัดภาพนำมาประมาณสมการเชิงเส้นด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด แล้วก็ประมาณค่าความเอียงของหน้าเอกสารจากสมการเส้นตรงที่ประมาณได้

## การกำจัดสัญญาณรบกวน

การกำจัดสัญญาณรบกวนถือว่าเป็นการประมวลผลภาพขั้นต้น ซึ่งจะต้องทำก่อนการประมวลผลภาพจริง (Image Processing) การกำจัดสัญญาณรบกวนเป็นขั้นตอนที่ใช้ในการกำจัดจุดภาพไม่พึงประสงค์ออกจากภาพ สัญญาณรบกวนบนข้อมูลภาพอาจเกิดจากรอยยับของกระดาษ รอยเปื้อนหมึกหรือรอยขีดเขียน หรืออาจเกิดจากฟังก์ชั่นในการแปลงจากข้อมูลเชิงอนาลอกไปเป็นข้อมูลเชิงดิจิตอล

โดยทั่วไปแล้วลักษณะของข้อมูลภาพที่จะเป็นสัญญาณรบกวน (ทั้งประเภทจุดภาพเดียวและกลุ่มของจุดภาพ) จะมีอยู่ 2 รูปแบบ คือ สัญญาณรบกวนประเภทที่เป็นจุดภาพดำไปปรากฏอยู่

Copyright: Graduate School, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, (1997).

บนกลุ่มของจุดภาพที่เป็นพื้นหลังขาว และสัญญาณรบกวนประเภทที่เป็นพื้นหลังขาวที่ไปปรากฏอยู่บนตัวเนื้อของกลุ่มจุดภาพดำ นั้นก็คือ จุดภาพที่เป็นสัญญาณรบกวนต้องถูกล้อมรอบด้วยข้อมูลอื่น ดังนั้นในการกำจัดสัญญาณรบกวนก็จะต้องเป็นการพิจารณาระหว่างจุดภาพสัญญาณรบกวนกับจุดภาพที่อยู่รอบข้าง โดยการกำหนดเป็นกรอบหน้าต่าง หรือเมตริกซ์จตุรัส ซึ่งในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้กำหนดวิธีการในการกำจัดสัญญาณรบกวนไว้ 2 วิธี คือ การใช้มอร์โฟโลยีทางคณิตศาสตร์ และการใช้อัลกอริธึมของ kFill

**1. <u>การกำจัดสัญญาณรบกวนโดยใช้มอร์โฟโลยีทางคณิตศาสตร์</u>**

มอร์โฟโลยี (Morphology) มาจากรากศัพท์ทางชีววิทยา ซึ่งหมายถึงการศึกษาถึงรูปแบบและโครงสร้างของทั้งพืชและสัตว์ ดังนั้นถ้าเรานำคำว่า “มอร์โฟโลยี” มารวมกับ “คณิตศาสตร์” ก็จะมีความหมายถึงการนำหลักการทางคณิตศาสตร์มาใช้ในการศึกษารูปแบบและโครงสร้างของวัตถุหรือสิ่งของอย่างใดอย่างหนึ่ง ซึ่งคณิตศาสตร์ที่จะใช้ในกระบวนการมอร์โฟโลยี คือ ทฤษฎีเซต (Set Theory)

**บทนิยามเบื่องต้นของมอร์โฟโลยีทางคณิตศาสตร์**

ถ้าเรากำหนดเซต $A$ และ $B$ เป็นเซตอยู่ในมิติ 2 มิติ โดยกำหนดให้ $a=(a_1,a_2)$, $b=(b_1,b_2)$ และ $x=(x_1,x_2)$ นิยามพื้นฐานของโมโฟโลยีทางคณิตศาสตร์ที่สำคัญมีดังนี้

1. <u>ทรานสเลชั่น</u> (translation) เป็นการย้ายตำแหน่งของจุดภาพในเซต $A$ โดยสกาลาร์ $x=(x_1,x_2)$ เขียนแทนด้วย $(A)_x$ นิยามไว้ดังนี้

$$(A)_x=\{c|c=a+x;a\in A\} \quad \text{.....(2.1)}$$

2. <u>รีเฟล็กชั่น</u> (reflection) ของเซต $B$ เขียนแทนด้วย $\hat{B}$ นิยามไว้ดังนี้

$$\hat{B}=\{x|x=-b;b\in B\} \quad \text{.....(2.2)}$$

3. <u>คอมพลีเมนต์</u> (complement) ของเซต $A$ เขียนแทนด้วย $A^c$ นิยามไว้ดังนี้

$$A^c=\{x|x\notin A\} \quad \text{.....(2.3)}$$

Copyright: Graduate School, King Mongkut’s Institute of Technology Ladkrabang, (1997).

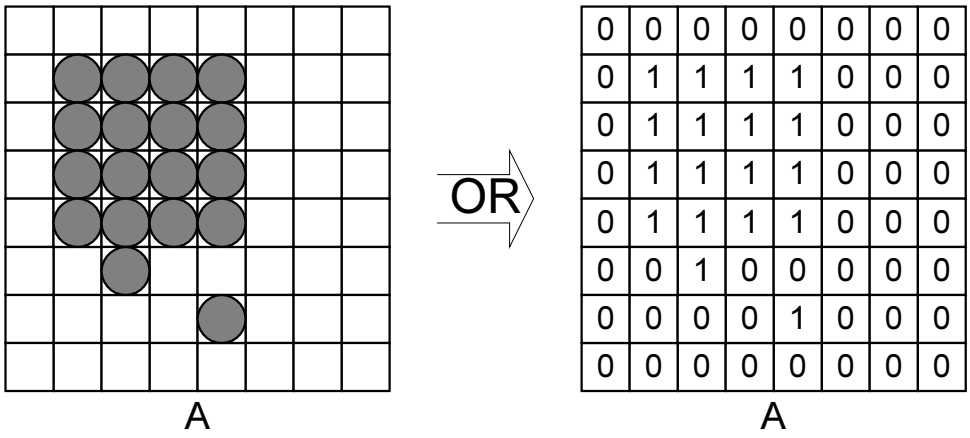
4. ผลต่างของเซต $A$ และ $B$ (difference) เขียนแทนด้วย $A$-$B$ นิยามไว้ดังนี้

$$A - B = \{x | x \in A, x \notin B\} \quad \text{.....(2.4)}$$

โดยทั่วไปหลักการพื้นฐานของมอร์โฟโลยีทางคณิตศาสตร์จะเป็นการพิจารณาเฉพาะจุดภาพที่เป็นตัวเนื้อข้อมูลเท่านั้น ซึ่งนั้นก็คือ ถ้าเรากำลังสนใจภาพ 2 ระดับ การทำมอร์โฟโลยีก็จะเป็นการพิจารณาเฉพาะกลุ่มของจุดภาพดำซึ่งเป็นตัวเนื้อข้อมูลเท่านั้น ส่วนกลุ่มของจุดภาพขาวที่เป็นภาพพื้นหลังที่ไปปรากฏอยู่บนตัวอักษรจะไม่นำมาพิจารณา มอร์โฟโลยีทางคณิตศาสตร์มีรูปแบบในการทำงานที่สำคัญ คือ ไดเลชั่น อีรอชั่น โคลส์ซิง และโอเพนนิง

กำหนดให้ข้อมูลภาพที่ศึกษาเป็นข้อมูลในเมตริกซ์ 2 มิติ กล่าวคือ แต่ละจุดภาพสามารถกำหนดให้อยู่ในรูปความสัมพันธ์ของระบบแกนพิกัดมุมฉาก (XY-Plane) ภาพที่ 3 แสดงตัวอย่างภาพที่อยู่ในเมตริกซ์ 2 มิติ

ภาพที่ 3




| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

ตัวอย่างจุดภาพในเมตริกซ์ 2 มิติ

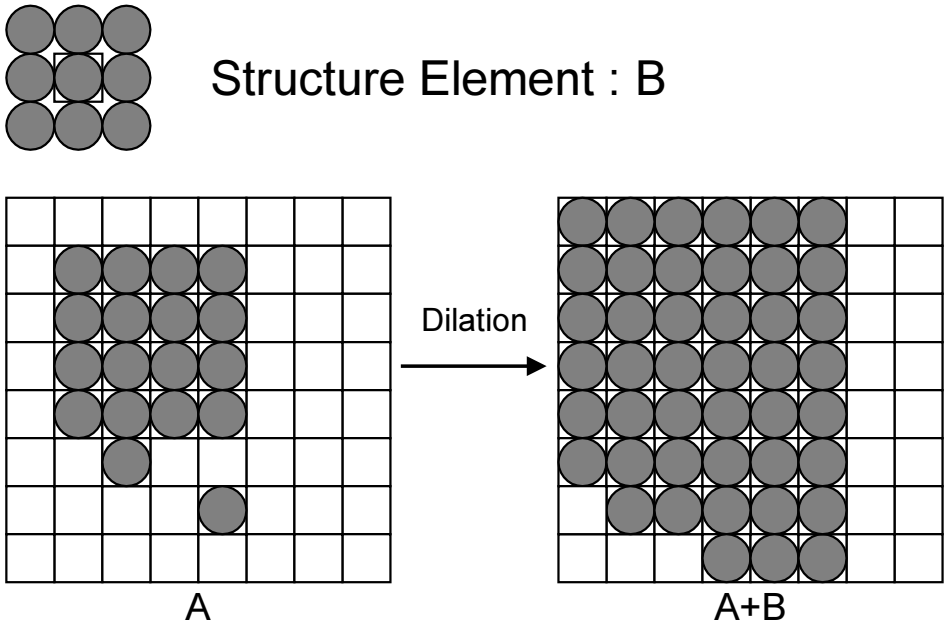
Copyright: Graduate School, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, (1997).

**1.1 <u>ไดเลชั่น</u>** (Dilation) มีเครื่องหมาย (+) เป็นสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ ไดเลชั่นเป็นการศึกษาพฤติกรรมของภาพเพื่อทำการเพิ่มจำนวนจุดภาพดำบนภาพ โดยการพิจารณาร่วมกันระหว่างเซตของจุดภาพ $A$ และ สตรักเจอร์อิลิเมนต์ (Structure Element : $B$) ซึ่งเซตทั้งสองเมื่อนำมาทำการไดเลชั่นกันจะเป็นไปตามความสัมพันธ์ของนิยามที่ (2.5)

$$A + B = \{x|(\hat{B})_x \cap A \neq \varnothing\} \quad \text{.....(2.5)}$$

การทำไดเลชั่นระหว่างเซต $A$ กับ $B$ จะเป็นการขยายขนาดของกลุ่มจุดภาพดำในเซต $A$ ให้มีขนาดกว้างขึ้น ส่งผลให้ช่องไฟระหว่างกลุ่มจุดดำมีขนาดแคบลง หรือบางครั้งก็อาจทำให้กลุ่มของจุดภาพดำสองกลุ่มที่อยู่ใกล้ชิดกันเชื่อมติดถึงกันได้ ตัวอย่างของการทำไดเลชั่น ได้แก่

ภาพที่ 4




ตำแหน่งจุดภาพเริ่มต้นของเซต A, เซต B และ การไดเลชั่นของเซต A+B

Copyright: Graduate School, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, (1997).

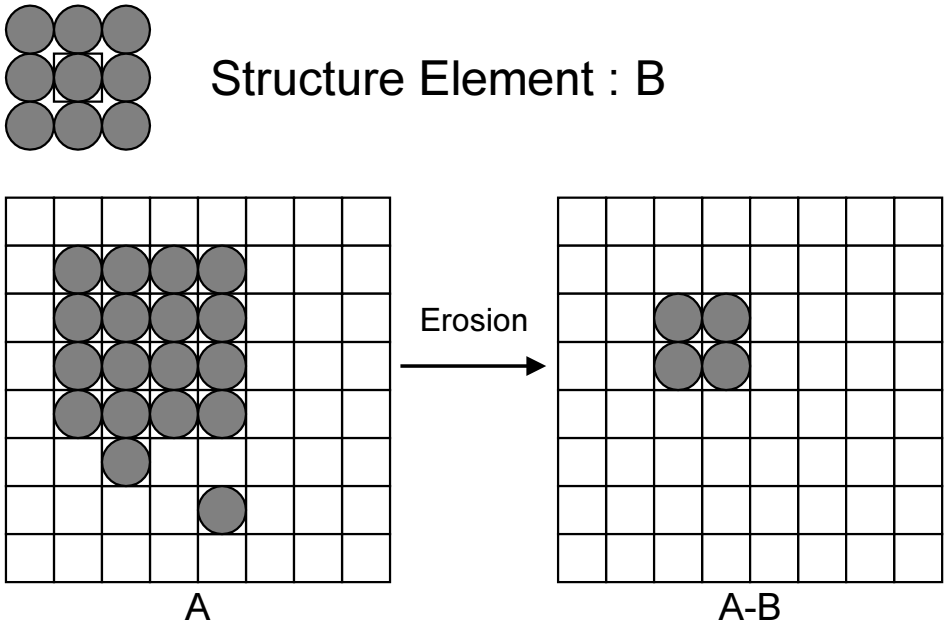
**1.2 <u>อีรอชั่น</u>** (Erosion) มีเครื่องหมาย (-) เป็นสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ อีรอชั่นเป็นการศึกษาพฤติกรรมของภาพเพื่อทำการลดจำนวนจุดภาพดำบนภาพ การลดจุดภาพดำจะต้องพิจารณาประกอบกันระหว่างเซตจุดภาพกับสตรักเจอร์อิลิเมนต์ โดยจะเป็นไปตามความสัมพันธ์ของนิยามที่ (2.6)

$$A - B = \left\{ x | (B)_x \subseteq A \right\} \quad \text{..... (2.6)}$$

จากนิยามที่ (2.6) ผลของการทำอีรอชั่นระหว่างเซต $A$ กับ $B$ จะทำให้เราได้คำตอบเป็น $x$ อยู่ในสเปซ 2 มิติ โดย $x$ จะต้องเป็นซับเซตของเซต $A$

นอกจากการอีรอชั่นจะเป็นการลดจำนวนของจุดภาพดำบนข้อมูลภาพแล้ว การทำอีรอชั่นยังจะทำให้ขนาดของช่องไฟระหว่างกลุ่มของจุดภาพดำแต่ละกลุ่มมีขนาดใหญ่มากขึ้น นั้นคือกลุ่มของจุดภาพดำแต่ละกลุ่มจะแยกจากกันอย่างชัดเจน นอกจากนี้ถ้ากลุ่มของจุดภาพดำมีขนาดเล็กมาก กลุ่มจุดภาพดำนั้นก็ถูกขจัดออกจากภาพเอกสารไปโดยอัตโนมัติเมื่อผ่านกระบวนการทำอีรอชั่น

ภาพที่ 5

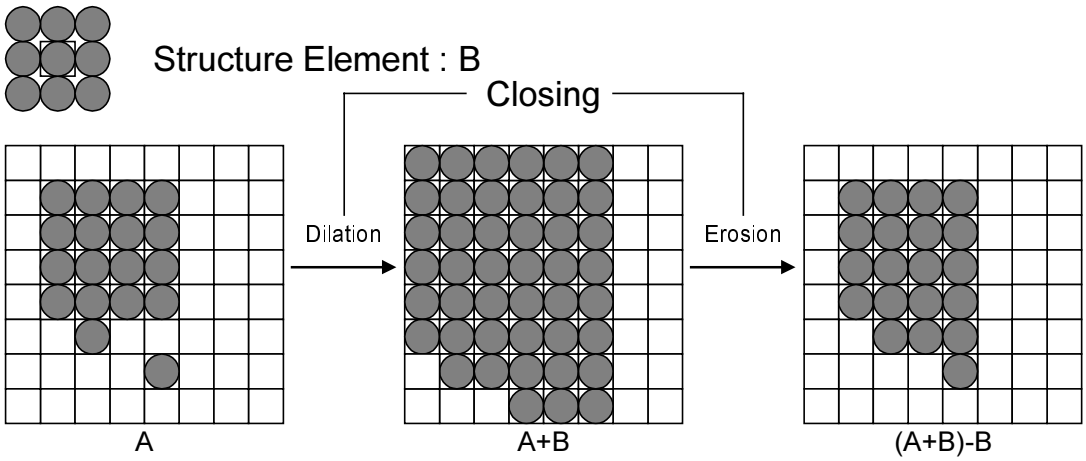



ตำแหน่งจุดภาพเริ่มต้นของเซต $A$, เซต B และ การอีรอชั่นของเซต A-B

Copyright: Graduate School, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, (1997).

**1.3 <u>โคลส์ซิง</u>** (Closing) เป็นการแปลงมอร์โฟโลยีทางคณิตศาสตร์ที่เริ่มจากการไดเลชั่นเมื่อเสร็จแล้วตามด้วยการทำอีรอชั่นเท่ากับจำนวนครั้งของการทำไดเลชั่น นั้นก็คือ การทำโคลส์ซิงจะเป็นการเพิ่มจำนวนจุดภาพดำลงไปในภาพก่อน จากนั้นค่อยทำการกัดเซาะขอบของจุดภาพดำเหล่านั้นออกโดยใช้สตรักเจอร์อิลิเมนต์ จากที่กล่าวมาการทำโคลส์ซิงมอร์โฟโลยีก็เป็นการปรับปรุงคุณภาพภาพอย่างหนึ่งที่จะทำให้ขนาดของกลุ่มจุดภาพดำขยายใหญ่ขึ้นจากการทำไดเลชั่นหลายๆ ครั้ง และเมื่อทำอีรอชั่นจะเป็นการไปกัดเซาะแนวขอบของกลุ่มจุดภาพดำนั้นๆ ทำให้คุณภาพของกลุ่มจุดภาพดำมีความราบเรียบมากขึ้น ในการทำโคลส์ซิงมอร์โฟโลยีถ้ากำหนดจำนวนรอบในการทำซ้ำไว้มากๆ อาจทำให้กลุ่มของจุดภาพดำ 2 กลุ่มที่อยู่ใกล้กันเชื่อมเข้าเป็นกลุ่มของจุดภาพเดียวกันได้ นอกจากนี้การทำโคลส์ซิงจะทำให้จุดภาพดำที่เป็นสัญญาณรบกวนขยายขนาดขึ้นเองโดยอัตโนมัติจนไม่สามารถขจัดออกไปได้

ภาพที่ 6

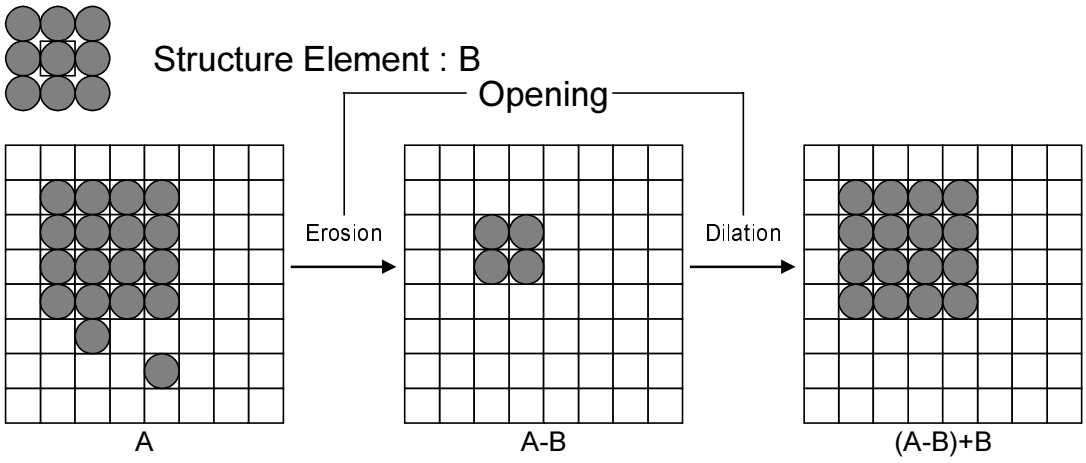



การทำโคลส์ซิง : (A+B)-B

Copyright: Graduate School, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, (1997).

**1.4 <u>โอเพนนิง</u>** (Opening) เป็นการแปลงมอร์โฟโลยีชนิดที่ทำงานตรงกันข้ามกับการทำโคลส์ซิงมอร์โฟโลยี กล่าวคือขั้นตอนการทำงานเริ่มจากการลดจำนวนจุดภาพดำด้วยกระบวนการอีรอชั่น แล้วตามด้วยการเติมจุดภาพดำกลับด้วยกระบวนทำไดเลชั่นให้เท่ากับจำนวนครั้งของการทำอีรอชั่น

ภาพที่ 7




การทำโอเพนนิง (A-B)+B

**2. <u>การกำจัดสัญญาณรบกวนโดยอัลกอริธึม kFill</u>**

จากที่กล่าวมาในเรื่องสัญญาณรบกวนที่เกิดบนภาพในตอนต้น คือ สัญญาณรบกวนมี 2 ประเภท คือ พวกที่เป็นจุดภาพดำไปปรากฏอยู่บนกลุ่มของจุดภาพขาวที่เป็นภาพพื้นหลัง และพวกจุดภาพขาวไปปรากฏอยู่บนกลุ่มของจุดภาพดำที่เป็นภาพตัวอักษร ดังนั้น การกำจัดสัญญาณรบกวนต้องพิจารณาเติมค่าทั้งสองกรณีไปพร้อมกัน โดยที่เราจะไม่สามารถพิจารณาเฉพาะกลุ่มของจุดภาพดำแต่อย่างเดียวดังเช่นการทำมอร์โพโลยีทางคณิตศาสตร์ได้

kFill[11] จัดเป็นวิธีที่เหมาะสำหรับการกำจัดสัญญาณรบกวนบนข้อมูลภาพเอกสาร โดยเป็นวิธีการเลือกเติมค่าของทุกๆ ตำแหน่งจุดภาพโดยพิจารณาร่วมกับค่าของจุดภาพข้างเคียง เช่น จำนวนจุดภาพขาวหรือดำที่ปรากฏในตำแหน่งของกลุ่มจุดภาพข้างเคียงทั้งหมด จำนวนจุดภาพขาวหรือดำในตำแหน่งจุดมุมทั้ง 4 ของกรอบหน้าต่าง และช่วงของความต่อเนื่องกันของตำแหน่งจุดภาพขาวหรือดำที่อยู่ล้อมรอบกลุ่มของจุดภาพที่เราสนใจ

Copyright: Graduate School, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, (1997).

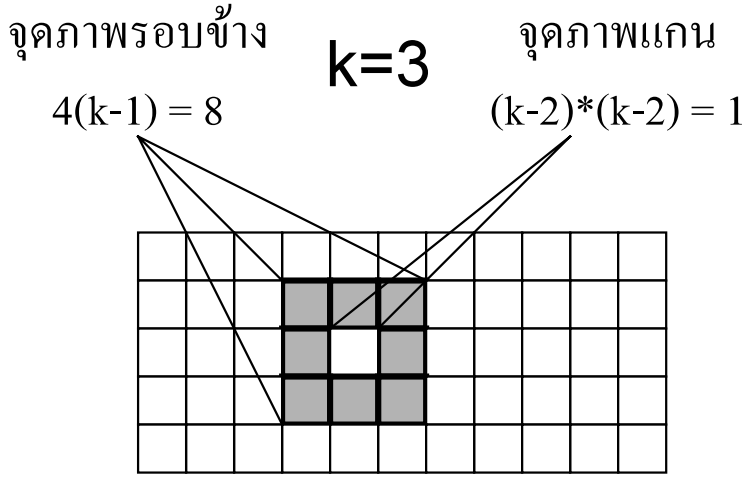
**หลักการของ kFill**

การพิจารณาเติมค่าลงในตำแหน่งจุดภาพใดๆ บนภาพเอกสารโดยวิธี kFill จะต้องพิจารณาร่วมกันระหว่างค่าของกลุ่มตำแหน่งจุดภาพที่กำลังสนใจกับค่าตำแหน่งจุดภาพที่อยู่รอบข้าง ดังนั้นเราจึงต้องสร้างกรอบหน้าต่างหรือมาส์ก (Mask) สำหรับการพิจารณาเติมค่า ซึ่งเราจะกำหนดขนาดของหน้าต่างเพื่อคลอบข้อมูลภาพไว้ขนาดเท่ากับ $k$ x $k$ จุดภาพ

จากหน้าต่างขนาด $k$ x $k$ จุดภาพ จะพบว่ามีกลุ่มของจุดภาพที่เราเรียกว่า "จุดภาพแกน" (core) ซึ่งจะใช้กำหนดให้เป็นกลุ่มของจุดภาพที่เราสนใจพิจารณาเติมค่าได้เท่ากับ ($k$-2)x($k$-2) จุดภาพ และอีก 4($k$-1) เป็นกลุ่มจุดภาพที่อยู่รอบนอกของกลุ่มจุดภาพที่เราสนใจพิจารณาเติมค่าเราจะเรียกว่า "จุดภาพรอบข้าง" (neighborhood)

ในขั้นตอนของการพิจารณาเติมค่ากลุ่มจุดภาพที่เป็นกลุ่มจุดภาพแกนของแต่ละกรอบหน้าต่างว่าจะเติมเป็นกลุ่มของจุดภาพดำ (ON) หรือขาว (OFF) จะเป็นการพิจารณากลุ่มของจุดภาพแกนกับเงื่อนไขของกลุ่มของจุดภาพรอบข้าง ดังนี้

ภาพที่ 8




จุดภาพที่ใช้ในการกำจัดสัญญาณรบกวนโดยใช้อัลกอริธึมของ kFill

Copyright: Graduate School, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, (1997).

**การพิจารณาเติมค่ากลุ่มของจุดภาพแกนให้เป็นกลุ่มของจุดภาพดำ** ต้องเป็นไปตามเงื่อนไขดังนี้

1. กลุ่มของจุดภาพแกนทั้งหมดต้องเป็นจุดภาพขาว และ
2. เงื่อนไขของกลุ่มจุดภาพรอบข้าง ให้พิจารณาตัวแปร 3 ตัวต่อไปนี้

$n$ : จำนวนของจุดภาพดำ

$c$ : จำนวนกลุ่มของจุดภาพดำที่เชื่อมต่อเนื่องกัน

$r$ : จำนวนของจุดภาพดำที่พบบนมุมทั้ง 4 ของหน้าต่าง

โดยค่าตัวแปรทั้ง 3 ต้องเป็นไปตามสมการ

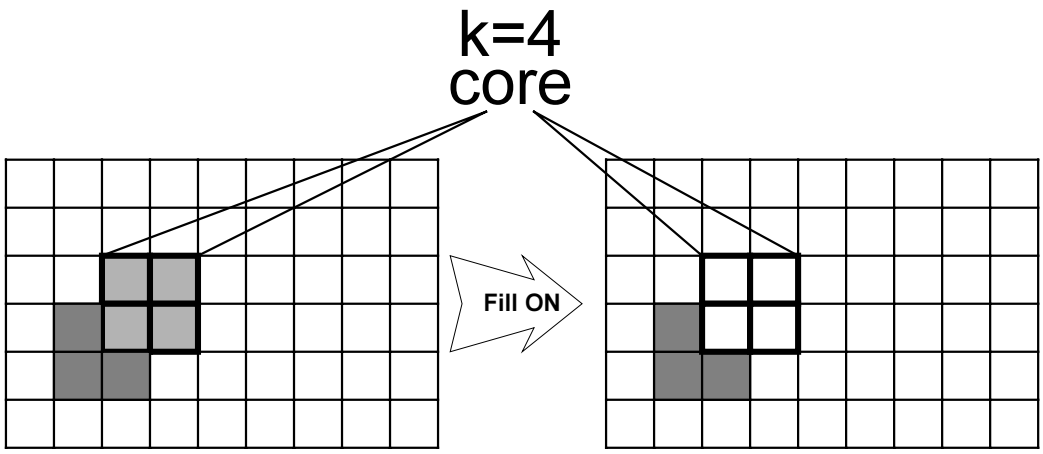
$$(c = 1)\,and\,[(n > 3k - 4)\,or\,((n = 3k - 4)\,and\,(r = 2))] \quad \text{.....(2.7)}$$

ถ้าเราพบว่ากลุ่มของจุดแกนและจุดภาพรอบข้างเป็นไปตามเงื่อนไขทั้ง 2 ก็ให้เติมค่ากลุ่มของจุดภาพแกนเป็นกลุ่มของจุดภาพดำ แต่ถ้าหากว่าไม่เป็นไปตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ก็ให้เติมกลุ่มของจุดภาพแกนเป็นกลุ่มของจุดภาพขาว สำหรับการเลือกเติมกลุ่มของจุดภาพแกนให้เป็นกลุ่มของจุดภาพขาวก็พิจารณาในทางตรงกันข้ามกันกับการพิจารณาเติมค่ากลุ่มของจุดภาพแกนเป็นกลุ่มจุดภาพดำ

จากสมการ 2.7 เป็นสมการอธิบายสมการความสัมพันธ์ของการพิจารณาเติมค่าตำแหน่งจุดภาพแกนจากจุดภาพรอบข้าง ความหมายของตัวแปรในตำแหน่งจุดภาพรอบข้างแต่ละตัวจะอธิบายได้ดังนี้ $n$ และ $r$ จะเป็นตัวแปรที่จะเป็นไปตามขนาดของหน้าต่าง $k$ โดยตัวแปร $n$ จะเป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญที่จะบอกว่าควรจะเติมจุดภาพแกนเป็นอะไรดี ยกตัวอย่างเช่นถ้าจุดภาพแกนเป็นจุดภาพขาวทั้งหมดนั้นคือต้องพิจารณาเติมจุดภาพแกนเป็นจุดภาพดำ และถ้าจำนวนจุดภาพดำที่อยู่ในกลุ่มจุดภาพรอบข้างมากกว่า $3k-4$ จุดภาพก็ควรจะเติมจุดภาพแกนเป็นจุดภาพดำ แต่ก็ยังเติมไม่ได้เสียทีเดียวเพราะต้องพิจารณาตัวแปร $c$ ประกอบอีกหนึ่งตัว เพราะตัวแปร $c$ จะเป็นตัวแปรสำหรับรักษาคุณสมบัติของวัตถุ 2 วัตถุที่อยู่ใกล้กันไม่ให้เกิดการเชื่อมติดกัน หรืออีกกรณีหนึ่งก็คือไม่ทำให้วัตถุหนึ่งวัตถุใดเกิดการแยกขาดจากกัน ภายหลังจากการเติมค่าจุดภาพแกน

Copyright: Graduate School, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, (1997).

ภาพที่ 9




ลักษณะการเลือกเติมจุดภาพแกนเป็นจุดภาพดำ และภาพผลลัพธ์

จากตัวอย่างภาพที่ 9 เมื่อพิจารณาจะเห็นได้ว่าจุดภาพแกนทุกจุดเป็นภาพดำ (ON) ดังนั้นเราจะพิจารณาค่าจุดภาพแกนเป็นจุดภาพขาว (OFF) เมื่อพิจารณาเงื่อนไขของจุดภาพขาวในตำแหน่งจุดภาพรอบข้าง พบว่าจำนวนช่วงของความต่อเนื่องกันของจุดภาพขาว : $c = 1$ และ เมื่อพิจารณาจำนวนจุดภาพขาวนับได้ : $(n = 9) > (3k - 4 = 8)$ ฉะนั้นให้เติมจุดภาพแกนเป็นจุดภาพขาว

ในความเป็นจริงแล้ว อัลกอริธึม kFill ที่นำเสนอในรายงานวิจัยก่อนหน้านั้น ในแต่ละรอบของการพิจารณาเติมค่าจุดภาพแกน จะแบ่งการประมวลผลออกเป็น 2 ขั้นตอนย่อย ๆ คือ

1. การพิจารณาเติมค่ากลุ่มของจุดภาพแกนให้เป็นกลุ่มจุดภาพดำ (Fill ON) และ
2. การพิจารณาเติมค่ากลุ่มของจุดภาพแกนให้เป็นกลุ่มจุดภาพขาว (Fill OFF)

กล่าวคือในทุกกลุ่มจุดภาพแกนที่พิจารณานั้น จะต้องทำสองขั้นตอนไปพร้อมๆ กันซึ่งจากการวิธีการนี้ทำให้ทุกกลุ่มจุดภาพแกนได้รับการพิจารณาทุกกรณีทั้งการเติมจุดภาพขาวและการเติมจุดภาพดำ ในภาพที่ 10 a) เป็นตัวอย่างของภาพเอกสารเริ่มต้นที่มีสัญญาณรบกวนทั้งที่เป็นจุดภาพดำและขาว ภาพที่ 10 b) ถ้าเรากำหนดขนาดของหน้าต่างเพื่อการประมวลผลเป็น 3x3 จะได้จุดภาพแกน (k-2)x(k-2) เท่ากับ 1 จุดภาพ และจุดภาพรอบข้างจำนวน 4(k-1) เท่ากับ 8 จุดภาพ เรากำหนด

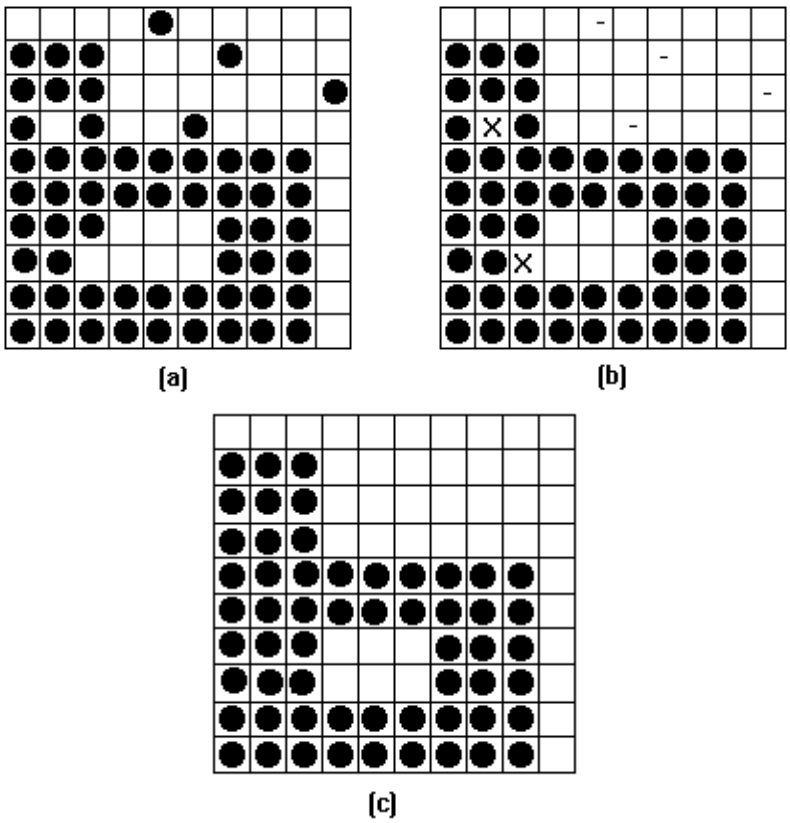
เครื่องหมาย (-) สำหรับใช้แทนจุดภาพที่จะพิจารณาเติมค่าเป็นจุดภาพขาว หรือจุดภาพพื้นหลัง

เครื่องหมาย (X) สำหรับใช้แทนจุดภาพที่จะพิจารณาเติมค่าเป็นจุดภาพดำ หรือจุดภาพของวัตถุ

Copyright: Graduate School, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, (1997).

ส่วนในภาพที่ 10 c) ผลลัพธ์จากการกำจัดสัญญาณรบกวนโดยใช้ kFill เมื่อกำหนดขนาดหน้าต่างเป็น 3x3

ภาพที่ 10




ผลลัพธ์จาก kFill Algorithm เมื่อกำหนดขนาดหน้าต่าง 3 x 3

(a) ข้อมูลภาพเอกสารต้นฉบับ

(b) ตำแหน่งจุดภาพแกนกลางที่ต้องเติม ดังนี้

X : ตำแหน่งจุดภาพแกนกลางที่ต้องเติมเป็นจุดภาพดำ

- : ตำแหน่งจุดภาพแกนกลางที่ต้องเติมเป็นจุดภาพขาว

(c) ข้อมูลภาพเอกสารผลลัพธ์

Copyright: Graduate School, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, (1997).

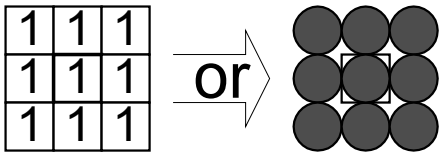
**3. <u>ผลการทดลอง</u>**

ในการทดลองส่วนการกำจัดสัญญาณรบกวนที่เกิดในภาพเอกสารที่ได้จากการสแกน ด้วยความละเอียดการสแกน 75 จุดต่อนิ้ว ระดับความเข้มของการสแกน 2 ระดับ ตามอัลกอริธึมต่างๆ ที่นำเสนอผ่านไปในตอนต้นของวิทยานิพนธ์สามารถแสดงผลการทดลองดังนี้

**3.1 มอร์โฟโลยีทางคณิตศาสตร์**

จากที่กล่าวมาในการทำงานของมอร์โฟโลยีทางคณิตศาสตร์ ซึ่งจะต้องเป็นการทำงานร่วมกันระหว่างเซตสตรักซ์เจอร์อิลิเมนต์ (*B*) กับเซตจุดภาพเริ่มต้น (*A*) ซึ่งในวิทยานิพนธ์นี้จะกำหนดเซตของสตรักซ์เจอร์อิลิเมนต์ (*B*) ไว้ดังแสดงในภาพที่ 11 ส่วนจุดภาพเริ่มต้นจะแสดงไว้ภาพที่ 12 จะได้ภาพผลลัพธ์จากการทำอีรอชั่น ไดเลชั่น โอเพนนิง และโคลสซิงมอร์โฟโลยี ดังแสดงในภาพที่ 13, 14, 15 และ 16 ตามลำดับ

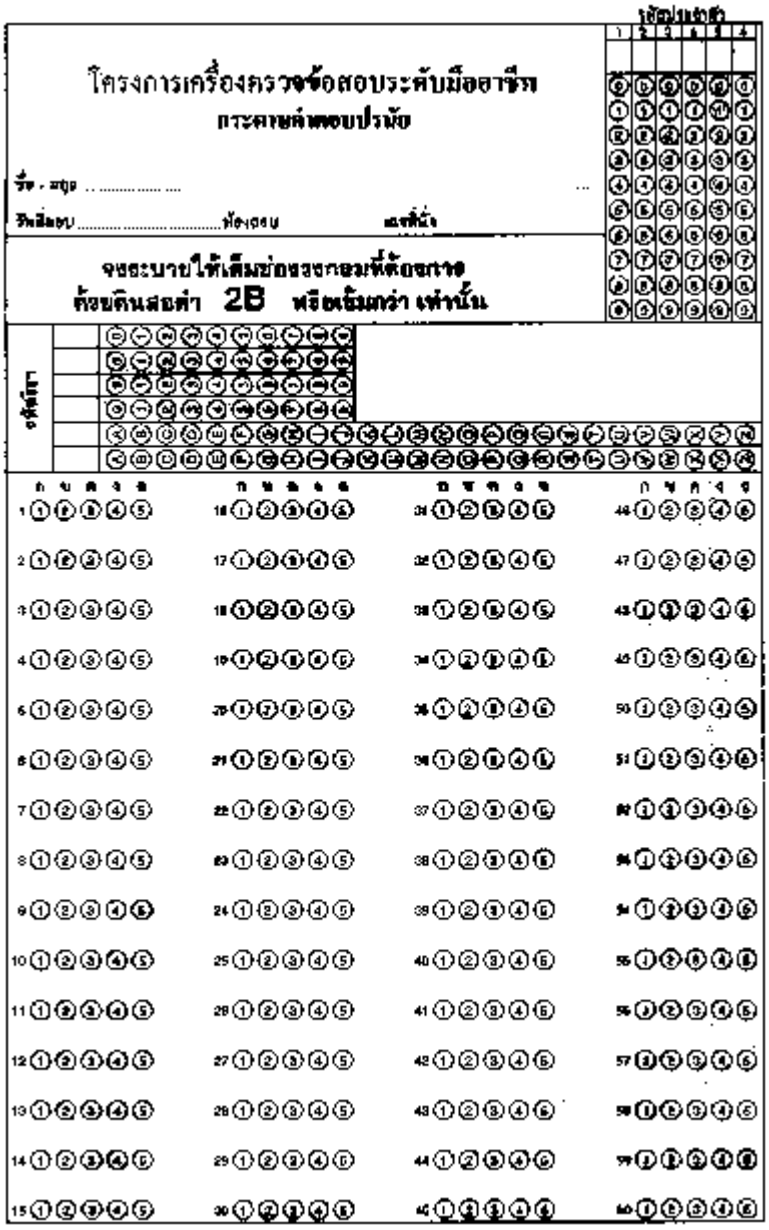
ภาพที่ 11




สตรักซ์เจอร์อิลิเมนต์ (*B*)

Copyright: Graduate School, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, (1997).

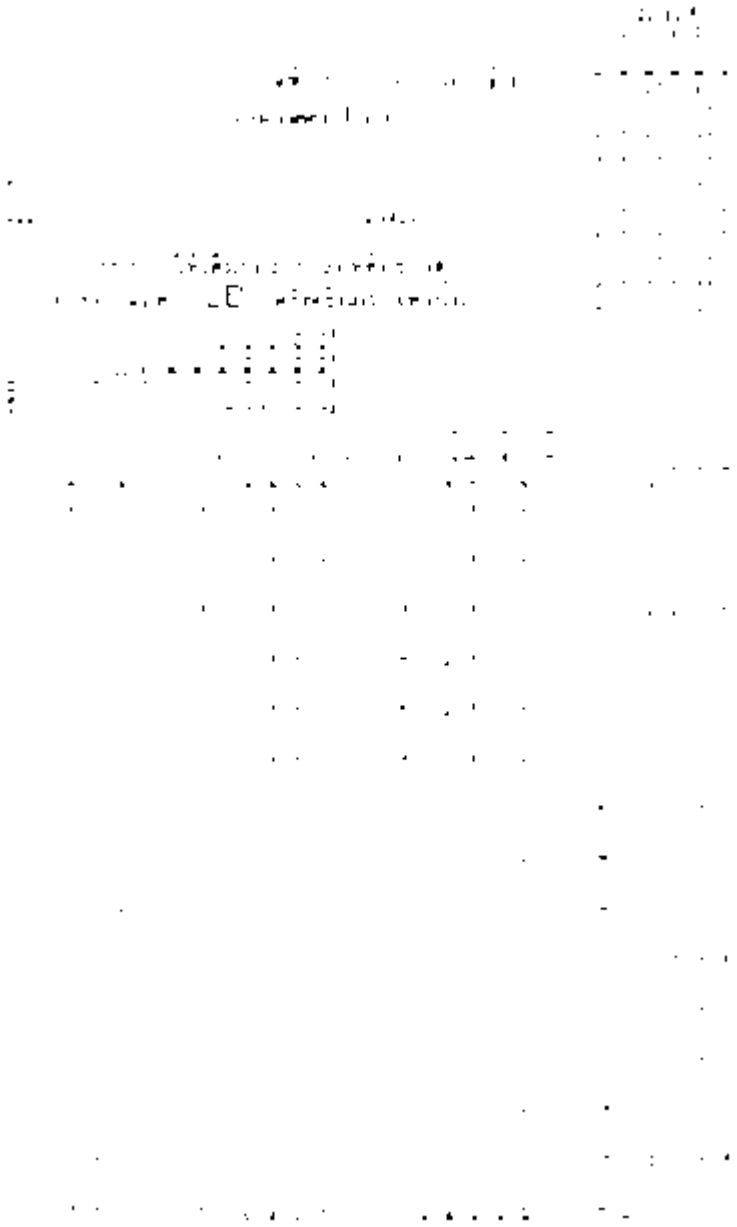
ภาพที่ 12



ภาพเริ่มต้นที่ได้จากการสแกนด้วยความละเอียดการสแกน 75 จุดต่อนิ้ว

Copyright: Graduate School, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, (1997).

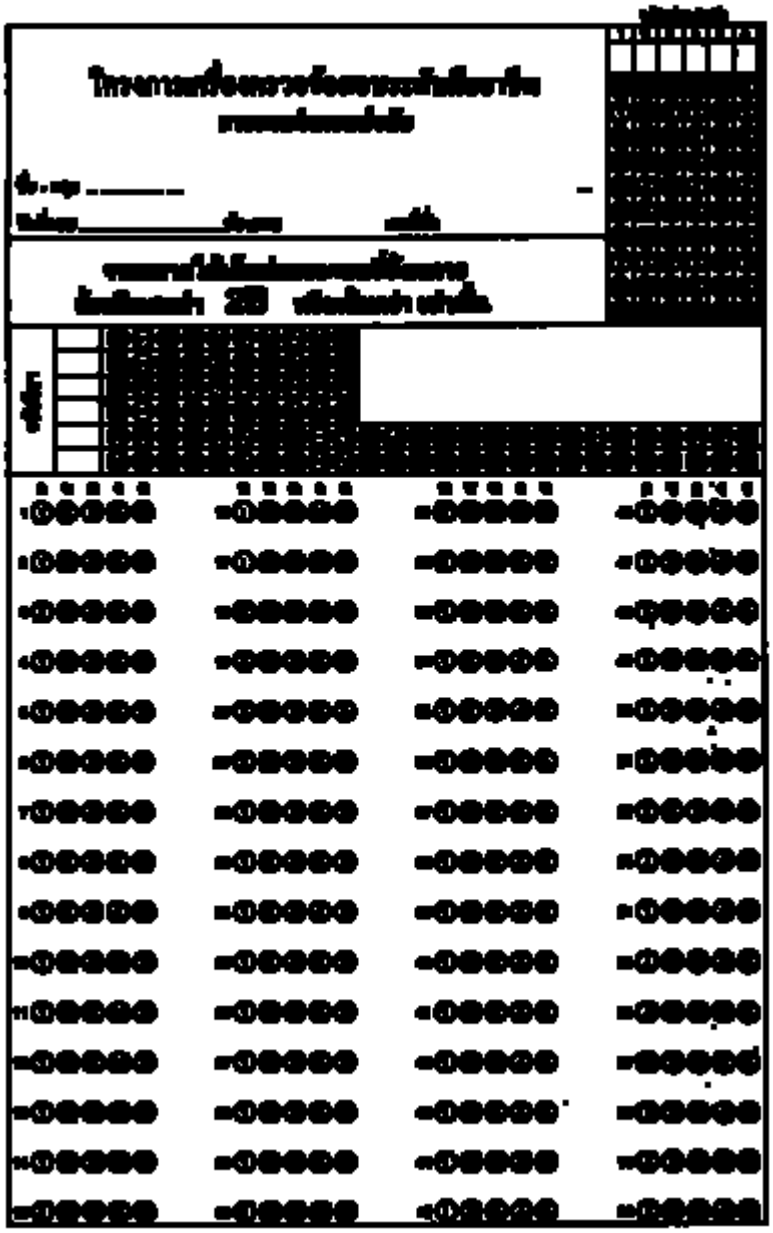
ภาพที่ 13



ภาพผลลัพธ์จากการนำภาพที่ 12 ทำกระบวนการอีรอชั่น

Copyright: Graduate School, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, (1997).

ภาพที่ 14



ภาพผลลัพธ์จากการนำภาพที่ 12 ทำกระบวนการไดเลชั่น

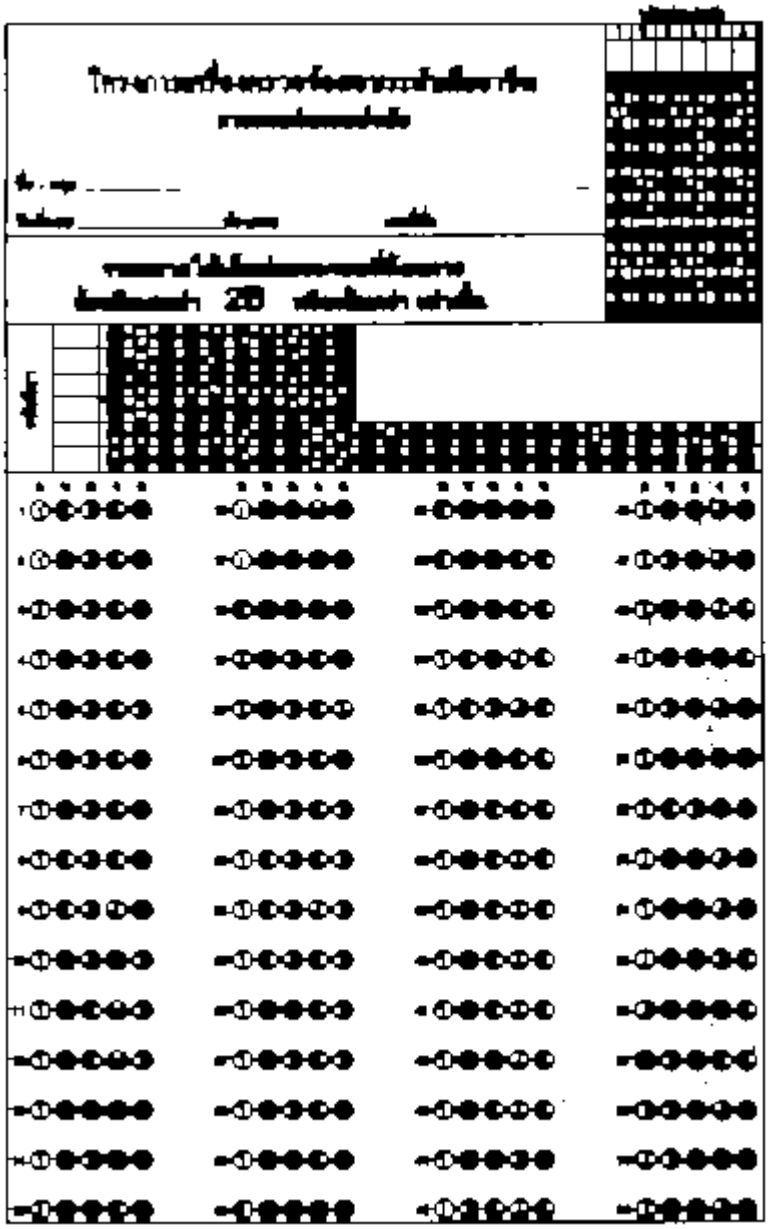
Copyright: Graduate School, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, (1997).

ภาพที่ 15

ภาพผลลัพธ์จากการนำภาพที่ 12 ทำกระบวนการโอเพนนิง

Copyright: Graduate School, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, (1997).

ภาพที่ 16



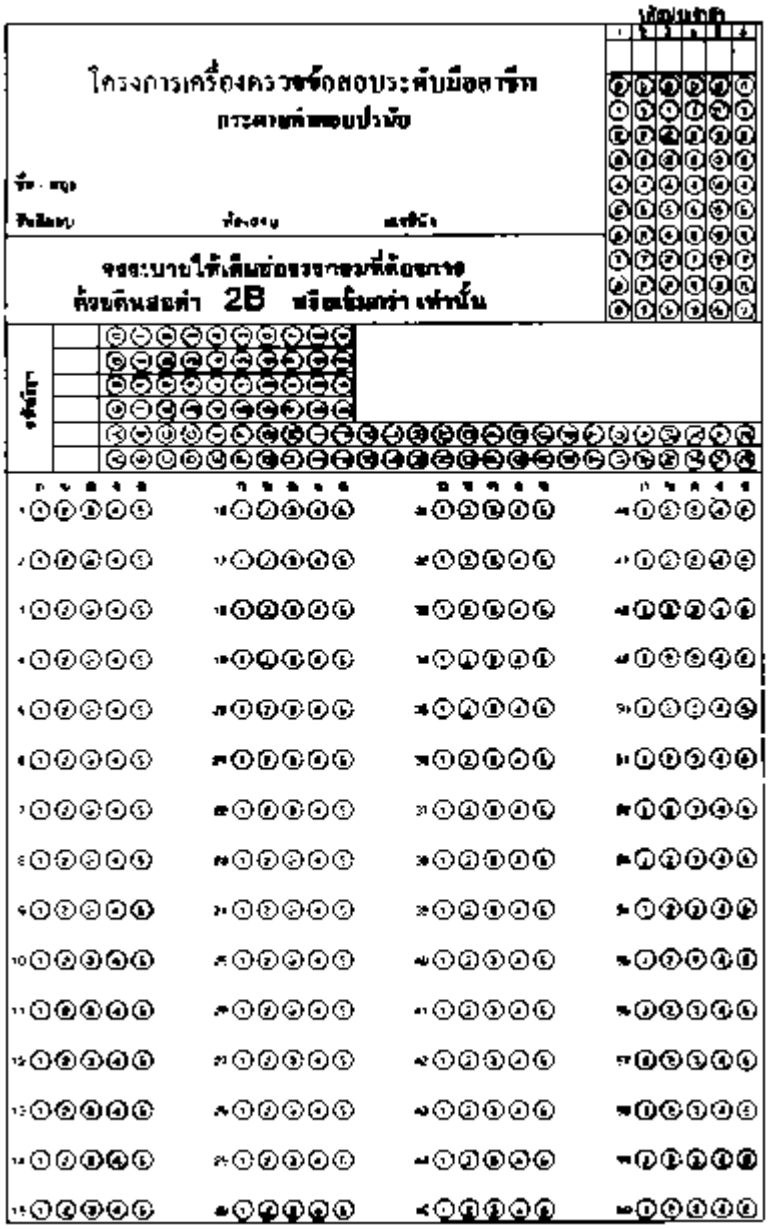
ภาพผลลัพธ์จากการนำภาพที่ 12 ทำกระบวนการโคลส์ซิง

Copyright: Graduate School, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, (1997).

**3.2 อัลกอริธึมของ kFill**

ในการทดลองการกำจัดสัญญาณรบกวนด้วยอัลกอริธึม kFill ได้กำหนดขนาดพารามิเตอร์ k = 3, 4 และ 5 เพื่อศึกษาหาค่าที่เหมาะสมกับภาพเอกสารที่ทำการสแกนเข้ามา ผลการทดลองปรากฏ ดังนี้

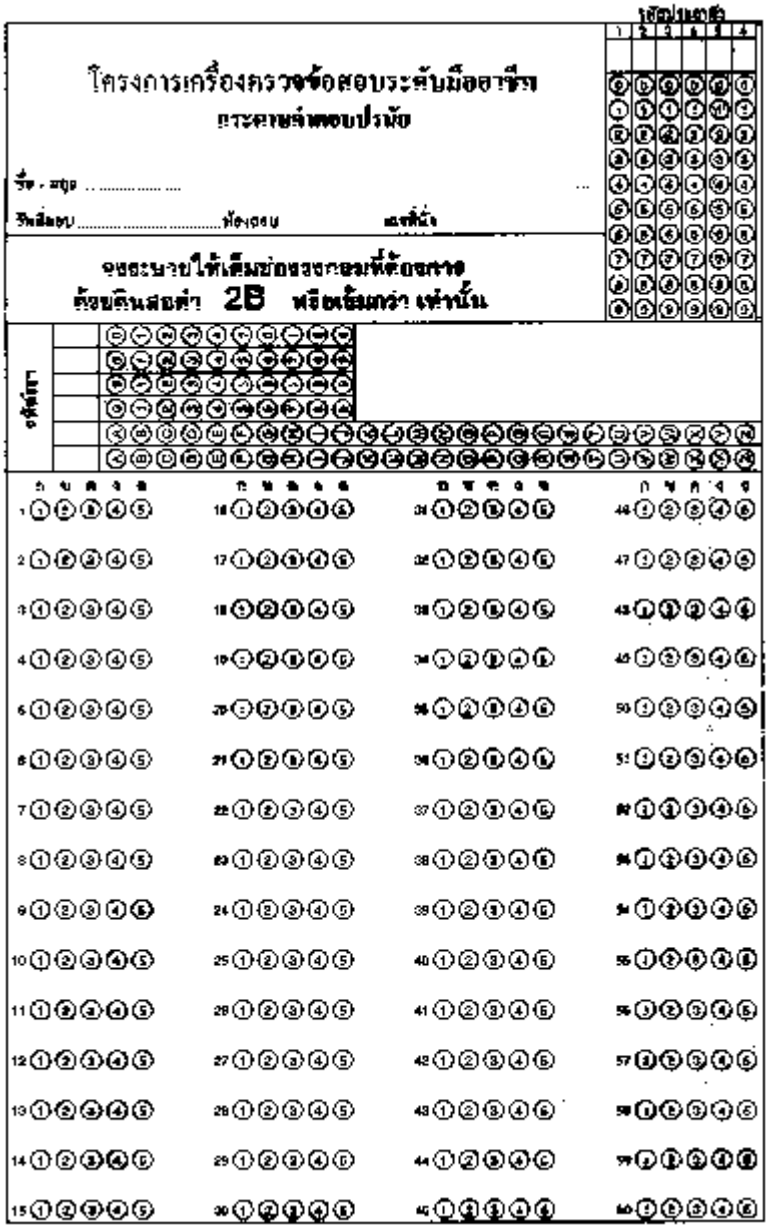
ภาพที่ 17



ภาพผลลัพธ์จากการนำภาพที่ 12 ทำการกำจัดสัญญาณรบกวนด้วยอัลกอริธึม kFill กำหนด k = 3

Copyright: Graduate School, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, (1997).

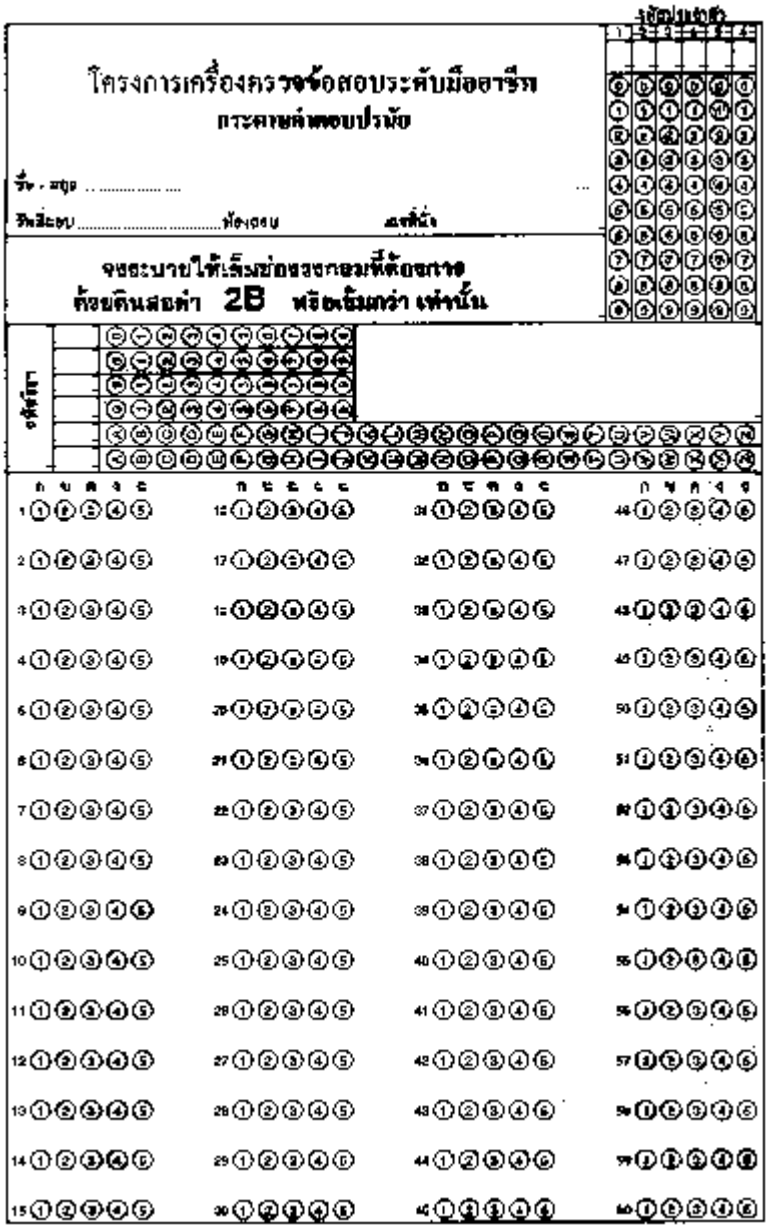
ภาพที่ 18



ภาพผลลัพธ์จากการนำภาพที่ 12 ทำการกำจัดสัญญาณรบกวนด้วยอัลกอริธึม kFill กำหนด k = 4

Copyright: Graduate School, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, (1997).

ภาพที่ 19




ภาพผลลัพธ์จากการนำภาพที่ 12 ทำการกำจัดสัญญาณรบกวนด้วยอัลกอริธึม kFill กำหนด k = 5

Copyright: Graduate School, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, (1997).

**3.3 สรุปการกำจัดสัญญาณรบกวน**

จากผลการทดลองที่ผ่านมา จากภาพเริ่มต้นภาพเดียวกัน (ภาพที่ 12) ทำการทดลองกำจัดสัญญาณรบกวนด้วยอัลกอริธึมที่แตกต่างกัน ซึ่งก็ส่งผลให้ได้ผลการทดลองที่แตกต่างกันเช่นกัน

พิจารณาที่ข้อมูลภาพจะเห็นว่าภาพที่เราสแกนเข้ามาใช้รายละเอียดของการสแกนที่ค่อนข้างต่ำ คือที่ระดับความละเอียดการสแกน 75 จุดต่อนิ้ว ทำให้เราได้ภาพที่มีรายละเอียดต่อนิ้วที่ต่ำ ยกตัวอย่างเช่น เส้นตรง 1 เส้น ถ้าเราสแกนด้วยความละเอียด 300 จุดต่อนิ้ว เส้นตรงเส้นนั้นอาจจะมาจากเส้นจุดภาพ 3-4 จุดที่เรียงต่อกัน แต่ถ้าสแกนด้วยความละเอียด 75 จุดต่อนิ้ว เส้นตรงนั้นก็จะมาจากจุดภาพเพียงจุดเดียว ดังนั้น ถ้าเราสแกนด้วยความละเอียด 75 จุดต่อนิ้ว แล้วเอามาทำอีรอชั่นกำหนดหน้าต่างขนาด 3x3 จะทำให้เส้นตรงเส้นนั้นถูกขจัดออกไปเองโดยอัตโนมัติ แต่ตรงกันข้ามถ้าเราใช้ความละเอียดการสแกน 300 จุดต่อนิ้ว เส้นตรงนั้นจะถูกกัดไปเพียงบางส่วน

ดังนั้นจากภาพที่นำมาใช้ในการทดลองที่สแกนเข้ามาด้วยความละเอียด 75 จุดต่อนิ้ว เมื่อนำมาผ่านกระบวนการกำจัดสัญญาณรบกวนโดยใช้มอร์โฟโลยีทางคณิตศาสตร์ จะทำให้ได้ภาพผลลัพธ์ที่ไม่ดีพอที่จะใช้เป็นภาพสำหรับนำไปประมวลผลขั้นตอนต่อไปได้

จากผลลัพธ์ของการกำจัดสัญญาณรบกวนด้วยอัลกอริธึมของ kFill ซึ่ง k เป็นพารามิเตอร์ของขนาดหน้าต่างที่สามารถกำหนดค่าได้ๆ แต่การกำหนดค่า k ก็ต้องสอดคล้องกับความละเอียดของการสแกนเข้ามาด้วยเช่นกัน ซึ่งจากผลการทดลองพบว่า ถ้าใช้ความละเอียดในการสแกนต่ำ และขนาดของสัญญาณรบกวนมีขนาดเล็กก็ต้องใช้ขนาดหน้าต่างที่ไม่ต้องใหญ่มาก และก็สรุปได้ว่าสำหรับภาพที่สแกนเข้ามาด้วยรายละเอียด 75 จุดต่อนิ้ว จะกำหนดค่า k = 3 ซึ่งสามารถคงคุณลักษณะเดิมของภาพเอกสารได้มากที่สุด และสามารถกำจัดสัญญาณรบกวนอย่างได้ผล (สังเกตจากการกำจัดจุดภาพดำ โดยพิจารณาจากภาพที่ 17, 18 และ 19 ประกอบ)

## <u>การประมาณค่าความเอียงของหน้าเอกสาร</u>

การประมาณค่าความเอียงของหน้าเอกสารจัดเป็นการประมวลผลก่อนที่สำคัญขั้นตอนหนึ่ง ทั้งนี้เนื่องจากเราไม่สามารถรับประกันได้ว่าข้อมูลภาพได้จากการสแกนจะทำมุมศูนย์องศาพร้อมที่จะทำการประมวลผลภาพได้ทันที โดยเฉพาะอย่างยิ่งในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้กำหนดขั้นตอนการทำงานให้เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ส่งสัญญาณควบคุมไปให้สแกนเนอร์ที่มีระบบป้อนกระดาษอัตโนมัติ (Auto Feeder Scanner) ทำการสแกนภาพแล้วส่งกลับมาให้เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ ดังนั้นจึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องทำการประมาณค่าความเอียงของหน้าเอกสารก่อนการประมวลผลจริง

Copyright: Graduate School, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, (1997).

โดยทั่วไปแล้วแบบฟอร์มของกระดาษคำตอบชนิดปรนัยเป็นแบบฟอร์มที่มีแนวกรอบล้อมรอบอย่างชัดเจน ดังนั้นการประมาณค่าความเอียงของแบบฟอร์มกระดาษจะทำได้จากแนวของตำแหน่งจุดภาพดำทางซ้าย อัลกอริธึมที่นำเสนอในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้พัฒนามาจาก Left Margin Search : LMS ที่ได้ทำการศึกษาไว้โดย Dangel[5] โดยเขาจะพิจารณาแนวของตำแหน่งจุดภาพดำทางซ้ายสุดของบรรทัดข้อมูลภาพที่ยาวที่สุดในการประมาณค่ามุมเอียงของหน้าเอกสาร จากวิธีการของ LMS ซึ่งยังไม่ครอบคลุมนัก ในวิทยานิพนธ์นี้จึงได้เสนอเพิ่มเติมโดยการนำจุดภาพดำเหล่านั้นมาหาสมการตัวแทนโดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด แล้วก็ประมาณค่าความเอียงของหน้าเอกสารจากสมการตัวแทนนั้นเอง

การประมาณค่าความเอียงของหน้าเอกสารที่เสนอในวิทยานิพนธ์นี้ แบ่งขั้นตอนการทำงานออกเป็น 3 ขั้นตอน โดยเริ่มจาก ขั้นตอนแรกการหาตำแหน่งจุดภาพดำทางซ้ายสุดของแต่ละบรรทัดข้อมูลภาพ ขั้นตอนที่สองการแบ่งจุดภาพดำออกเป็นกลุ่มของบรรทัดของตัวหนังสือ ขั้นตอนที่สามการประมาณสมการเชิงเส้นของกลุ่มจุดภาพดำเหล่านั้น

**1. <u>การหาตำแหน่งจุดภาพดำทางซ้ายของบรรทัดข้อมูลภาพ</u>**

ในการหาตำแหน่งของจุดภาพดำทางซ้ายของแต่ละบรรทัดข้อมูลภาพ จะสามารถทำได้โดยการเลือกสแกนทีละบรรทัดภาพเพื่อหาตำแหน่งจุดภาพดำตำแหน่งแรก โดยกำหนดเวคเตอร์ V สำหรับเก็บค่าตำแหน่งคอลัมน์ของจุดภาพดำทางซ้ายจุดแรกของแต่ละบรรทัดภาพ ซึ่งขนาดของเวคเตอร์ V เท่ากับจำนวนบรรทัดของข้อมูลภาพทั้งหมด สำหรับกระบวนการในการหาข้อมูลเพื่อเก็บบนเวคเตอร์ V แสดงได้ในอัลกอริธึมที่ 1 จากตัวอย่างภาพที่ 20 เป็นตัวอย่างของภาพเอกสารที่เกิดความเอียงในการสแกนเข้ามา เมื่อใช้อัลกอริธึมที่ 1 ในการหาตำแหน่งจุดภาพดำทางซ้ายจุดแรกจะได้คำตอบดังแสดงไว้ในตารางที่ 1 ซึ่งเวคเตอร์ V[i] จะใช้เก็บตำแหน่งของจุดภาพดำทางซ้ายของบรรทัดภาพที่ i

Copyright: Graduate School, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, (1997).

**อัลกอริธึม 1** การหาตำแหน่งจุดภาพดำทางซ้ายของแต่ละบรรทัดข้อมูลภาพ

**เริ่มต้น**

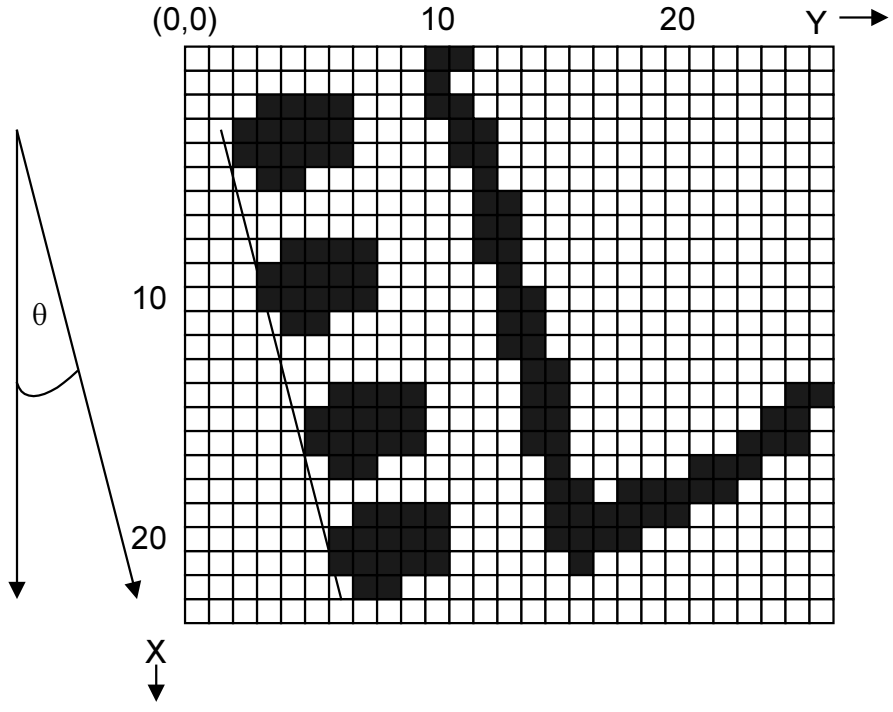
```
int V[ImageFile->depth],i,j;
for(I=0; i<ImageFile->depth; i++) {
    ReadImageLine(i) to *p;
    for(j=0; j<ImageFile->width; j++)
        if (p[j] == 0x01) { // 1st black pixel
            V[i] = j; Break;
        }
}
```

**จบงาน;**

โดยที่ ImageFile->depth คือ จำนวนบรรทัดของข้อมูลภาพเอกสาร

ImageFile->width คือ ความยาวของบรรทัดข้อมูลภาพ

ภาพที่ 20




ตัวอย่างข้อมูลภาพเอกสารที่เกิดความเอียง

Copyright: Graduate School, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, (1997).

ตารางที่ 1

| i | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | … |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| V[i] | 10 | 10 | 3 | 2 | 2 | 3 | 12 | 12 | 4 | 3 | … |

ค่าตำแหน่งจุดดำทางซ้ายของบรรทัดข้อมูลภาพที่เก็บบนเวคเตอร์ V[i] จากภาพที่ 20

**2. <u>การแบ่งจุดภาพดำออกเป็นกลุ่มของบรรทัดของตัวหนังสือ</u>**

จากข้อมูลในเวตเตอร์ V[i] ดังแสดงไว้ในตารางที่ 1 จะเห็นว่าจุดภาพที่เราต้องการใช้ในการประมาณสมการเชิงเส้นเพื่อการประมาณความเอียงนั้นคือ กลุ่มของจุดดำที่เป็นจุดดำทางซ้ายของแต่ละบรรทัดตัวหนังสือ (Character Line) ซึ่งบรรทัดตัวหนังสือหนึ่งบรรทัดจะประกอบด้วยบรรทัดภาพ (Image Line) หลายๆ บรรทัด ดังนั้นเราจะพยายามหาวิธีสำหรับการแบ่งจุดภาพดำออกเป็นบรรทัดของตัวหนังสือ ซึ่งแสดงขั้นตอนการทำงานในอัลกอริธึมที่ 2 และแสดงผลในตารางที่ 2

**อัลกอริธึม 2** การหาแนวตำแหน่งจุดภาพทางซ้ายของแต่ละบรรทัดตัวหนังสือ
**เริ่มต้น**

```
struct {
    int X,Y;
} Lines[ImageFile->depth];
```

1. หาบรรทัดตัวหนังสือที่อยู่ซ้ายสุดของจากกลุ่มของบรรทัดตัวหนังสือทั้งหมด
2. เซต i ไปยังค่าตำแหน่งบรรทัดภาพที่หนึ่งของบรรทัดตัวหนังสือบรรทัดแรกที่แบ่งได้
3. เซตค่าหมายเลขบรรทัดตัวอักษร K เป็น 0 หมายถึง ค่าบรรทัดตัวหนังสือบรรทัดแรก
4. เลือกข้อมูลจาก V[i] ที่เป็นของบรรทัดตัวหนังสือที่กำลังชี้นั้น แล้วเก็บลงในโครงสร้างข้อมูล Lines[K].X และ Lines[K].Y
5. เพิ่มค่า K แล้ววนกลับไปเลือกข้อมูลจากเวคเตอร์ V[i] เพื่อเป็นข้อมูลของบรรทัดที่ K จนกว่าจะถึงบรรทัดภาพบรรทัดสุดท้าย

**จบงาน;**

โดยที่ Lines[K].X คือ หมายเลขบรรทัดภาพเอกสาร
Lines[K].Y คือ ค่าตำแหน่งคอลัมน์ที่จะนำมาสร้างเป็นแนวเส้นตรงทางซ้าย

Copyright: Graduate School, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, (1997).

จากอัลกอริธึมที่ 2 จะเริ่มจากการหาตำแหน่งจุดภาพที่มีค่าน้อยที่สุด หรือบางครั้งก็จะเป็นการหาตำแหน่งซ้ายสุดบนลิสต์ V[i] จากนั้นไล่หาตำแหน่งถัดไปจากตำแหน่งซ้ายสุดนั้นนำมาเรียงต่อกันเรื่อยๆ โดยเก็บไว้บนโครงสร้างข้อมูล Lines[K].X และ Lines[K].Y โดย K จะเป็นพารามิเตอร์สำหรับเก็บหมายเลขบรรทัดตัวอักษร

ตารางที่ 2

| บรรทัดที่ (K) | X | Y | บรรทัดที่ (K) | X | Y |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 3 | 14 | 6 |
| | 3 | 2 | | 15 | 5 |
| | 4 | 2 | | 16 | 5 |
| | 5 | 3 | | 17 | 6 |
| 2 | 8 | 4 | 4 | 19 | 7 |
| | 9 | 3 | | 20 | 6 |
| | 10 | 3 | | 21 | 6 |
| | 11 | 4 | | 22 | 7 |

ตำแหน่งจุดภาพในแต่ละบรรทัดตัวอักษร

**3. <u>การประมาณเชิงเส้นโดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด</u>**

การประมาณเชิงเส้นโดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด (Least Square Method : LSM) เป็นกระบวนการทางคณิตศาสตร์วิธีการหนึ่งที่นิยมใช้ในการประมาณสมการตัวแทนจากข้อมูลกลุ่มหนึ่งที่เราทราบค่า ภายใต้เงื่อนไขที่ต้องการให้เกิดความผิดพลาดจากการประมาณให้ต่ำที่สุด ในกรณีของการประมาณเชิงเส้น ซึ่งเส้นตรงใดๆ สามารถเขียนให้อยู่ในรูป

$$Y = aX + b \quad \text{.....(2.8)}$$

Copyright: Graduate School, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, (1997).

โดยที่ $a$ เป็นค่าความชันของสมการเส้นตรง และ $b$ คือตำแหน่งจุดตัดแกน Y ของเส้นตรง ซึ่งพารามิเตอร์ทั้ง 2 ตัวที่ต้องการทำการคำนวณหา โดยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดมีขั้นตอนในการคำนวณ ดังนี้

เมื่อ $$Y_i = aX_i + b + e_i$$
$$e_i = Y_i - aX_i - b$$

$$\sum_{i=1}^{n} e_i^2 = \sum_{i=1}^{n} (Y_i - aX_i - b)^2$$

$$\sum_{i=1}^{n} e_i^2 = \sum_{i=1}^{n} (Y_i - aX_i)^2 - 2\sum_{i=1}^{n} b(Y_i - aX_i) + \sum_{i=1}^{n} b^2$$

$$\sum_{i=1}^{n} e_i^2 = \sum_{i=1}^{n} Y_i^2 - 2a\sum_{i=1}^{n} X_i Y_i + a^2 \sum_{i=1}^{n} X_i^2 - 2b\sum_{i=1}^{n} Y_i + 2ab\sum_{i=1}^{n} X_i + Nb^2$$

โดยค่าของ $\sum_{i=1}^{n} e_i^2$ ต้องน้อยที่สุด โดยหาอนุพันธ์เทียบกับ a และ b แล้วกำหนดค่าเท่ากับ 0

$$\frac{\partial \sum_{i=1}^{n} e_i^2}{\partial a} = -2\sum_{i=1}^{n} X_i Y_i + 2a\sum_{i=1}^{n} X_i^2 + 2b\sum_{i=1}^{n} X_i = 0$$

2 หารตลอด จะได้

$$0 = -\sum_{i=1}^{n} X_i Y_i + a\sum_{i=1}^{n} X_i^2 + b\sum_{i=1}^{n} X_i$$

$$\therefore \sum_{i=1}^{n} X_i Y_i = a\sum_{i=1}^{n} X_i^2 + b\sum_{i=1}^{n} X_i \quad \text{.....(2.9)}$$

และ $$\frac{\partial \sum_{i=1}^{n} e_i^2}{\partial b} = -2\sum_{i=1}^{n} Y_i + 2a\sum_{i=1}^{n} X_i + 2Nb = 0$$

2 หารตลอด จะได้

$$0 = -\sum_{i=1}^{n} Y_i + a\sum_{i=1}^{n} X_i + Nb$$

Copyright: Graduate School, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, (1997).

$$\therefore \quad \sum_{i=1}^{n} Y_i = a\sum_{i=1}^{n} X_i + Nb \quad \text{.....(2.10)}$$

จากสมการ (2.9) และ (2.10) จะได้ว่า

$$a = \frac{\sum_{i=1}^{n} X_i Y_i - \frac{\sum_{i=1}^{n} X_i \sum_{i=1}^{n} Y_i}{n}}{\sum_{i=1}^{n} X_i^2 - \frac{(\sum_{i=1}^{n} X_i)^2}{n}} \quad \text{.....(2.11)}$$

$$b = \overline{Y} - a\overline{X}$$

เมื่อทราบค่าความชันของเส้นตรง หรือ a แล้วก็ทำการคำนวณหาค่ามุมเอียงที่เกิดขึ้นบนหน้าเอกสารได้จาก

$$\theta = \tan^{-1}(a) \quad \text{.....(2.12)}$$

ในการประมาณค่าความเอียงของหน้าเอกสารตามวิธีที่กล่าวมานั้น จะเป็นการประมาณหาค่าตำแหน่งคอลัมน์ (Line[K].Y) จากค่าตำแหน่งของบรรทัดภาพที่เปลี่ยนไป (Line[K].X)

**4. <u>การหมุนภาพเอกสารกลับ</u>**

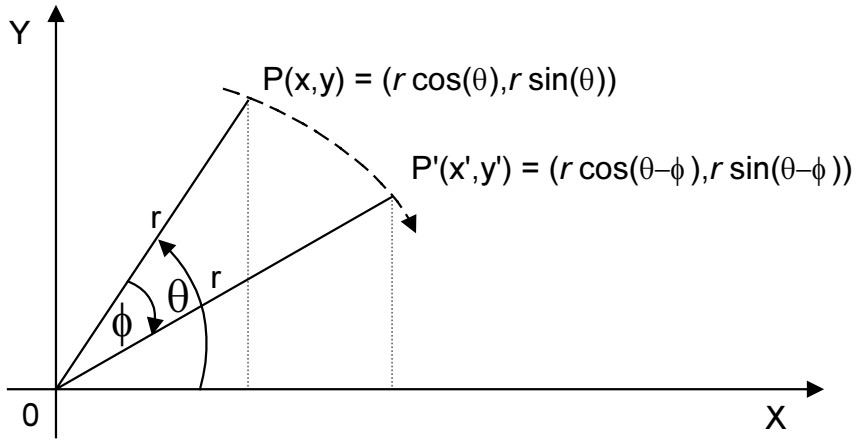
ภายหลังเมื่อทำการประมาณค่าความเอียงของหน้าเอกสารเรียบร้อยแล้ว ถ้าพบว่าค่ามุมเอียงของหน้าเอกสารมีค่าไม่เท่ากับ 0 องศา จำเป็นที่ต้องหมุนภาพเอกสารกลับตามค่ามุมเอียงที่ทำการประมาณได้ และหมุนตามทิศทางของเครื่องหมายของ $a$ โดยการหมุนภาพกลับจะมี 2 ทิศ คือ หมุนตามเข็มนาฬิกา และหมุนทวนเข็มนาฬิกา ซึ่งในการคำนวณหาตำแหน่งใหม่ของจุดภาพหลังจากการหมุนจะคำนวณได้จากความสัมพันธ์ของสมการ ดังนี้

**4.1 การหมุนภาพตามเข็มนาฬิกา** *(Clockwise Rotation)*

เมื่อทำการประมาณค่าความเอียงของหน้าเอกสาร แล้วได้ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปร $a \neq 0$ และมีเครื่องหมายเป็นบวก จะต้องหมุนภาพนั้นกลับในทางตามเข็มนาฬิกา ไปเป็นมุมเท่ากับ $\phi$ องศาจากเดิม ดังแสดงในภาพที่ 21

Copyright: Graduate School, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, (1997).

ภาพที่ 21




การหมุนภาพตามเข็มนาฬิกา

จากภาพที่ 21 ต้องการหาตำแหน่งของ $P'(x',y')$ จาก $P(x,y)$ โดยการหมุนภาพตามเข็มนาฬิกา จะมีขั้นตอนการคำนวณ ดังนี้

จาก $P(x,y) = (r\cos(\theta), r\sin(\theta))$

$\therefore$ $x = r\cos(\theta)$

$y = r\sin(\theta)$

จาก $P'(x',y') = (r\cos(\theta-\phi), r\sin(\theta-\phi))$

$\therefore$ $x' = r\cos(\theta-\phi)$

$= r\cos\theta\cos\phi + r\sin\theta\sin\phi$

$x' = x\cos\phi + y\sin\phi$ .....(2.13)

Copyright: Graduate School, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, (1997).

และ $$y' = r\sin(\theta - \phi)$$

$$= r\sin\theta\cos\phi - r\cos\theta\sin\phi$$

$$y' = y\cos\phi - x\sin\phi \quad \text{.....(2.14)}$$

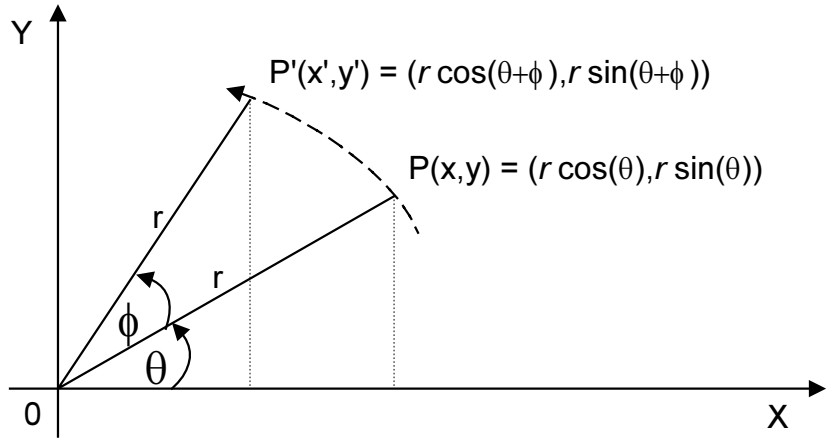
จากสมการที่ (2.13) และ (2.14) เราสามารถเขียนสมการความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงตำแหน่ง ระหว่างตำแหน่งจุดภาพเดิมกับตำแหน่งจุดภาพใหม่ของการหมุนภาพในทางตามเข็มนาฬิกา ดังนี้

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x \end{bmatrix}\begin{bmatrix} \cos\phi & -\sin\phi \\ \sin\phi & \cos\phi \end{bmatrix} \quad \text{.....(2.15)}$$

**4.2 การหมุนภาพทวนเข็มนาฬิกา** *(CounterClockwise Rotation)*

เมื่อทำการประมาณค่าความเอียงของหน้าเอกสาร แล้วได้ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปร $a \neq 0$ และมีเครื่องหมายเป็นลบ จะต้องหมุนภาพนั้นกลับในทางทวนเข็มนาฬิกา ไปเป็นมุมเท่ากับ $\phi$ องศาจากเดิม ดังแสดงในภาพที่ 22

ภาพที่ 22




การหมุนภาพทวนเข็มนาฬิกา

Copyright: Graduate School, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, (1997).

จากภาพที่ 22 ต้องการหาตำแหน่งของ $P'(x',y')$ จาก $P(x,y)$ โดยการหมุนภาพตามทวนนาฬิกา จะมีขั้นตอนการคำนวณ ดังนี้

จาก $P(x,y) = (r\cos(\theta), r\sin(\theta))$

$\therefore \quad x = r\cos(\theta)$

$y = r\sin(\theta)$

จาก $P'(x',y') = (r\cos(\theta+\phi), r\sin(\theta+\phi))$

$\therefore \quad x' = r\cos(\theta+\phi)$

$= r\cos\theta\cos\phi - r\sin\theta\sin\phi$

$x' = x\cos\phi - y\sin\phi$ .....(2.16)

และ $y' = r\sin(\theta+\phi)$

$= r\sin\theta\cos\phi + r\cos\theta\sin\phi$

$y' = y\cos\phi + x\sin\phi$ .....(2.17)

จากสมการที่ (2.16) และ (2.17) เราสามารถเขียนสมการความสัมพันธ์ของการเปลี่ยนแปลงตำแหน่ง ระหว่างตำแหน่งจุดภาพเดิมกับตำแหน่งจุดภาพใหม่ของการหมุนภาพในทางทวนเข็มนาฬิกา ดังนี้

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x \end{bmatrix}\begin{bmatrix} \cos\phi & \sin\phi \\ -\sin\phi & \cos\phi \end{bmatrix} \quad \text{.....(2.18)}$$

Copyright: Graduate School, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, (1997).

**5. <u>ผลการทดลอง</u>**

จากภาพตัวอย่างภาพที่ 17 เมื่อผ่านขั้นตอนการประมาณค่าความเอียงของหน้าเอกสาร ปรากฏผลการทดลองดังนี้

$$\sum X_i = 177576 \qquad \sum Y_i = 4502 \quad \sum X_i Y_i = 1770447 \quad \sum X_i^2 = 77356256$$

สมการตัวแทน $G(x) = 0.0007 X_i + 9.6516$

มุมเอียงที่ประมาณได้ 0.0401 องศา

จากค่ามุมเอียงของตัวอย่างภาพที่ 17 ที่คำนวณได้ พบว่า ค่าความเอียงเท่ากับ 0.0401 องศา ซึ่งตามหลักการแล้วภาพเอกสารที่กำลังทำการทดลองอยู่นี้ต้องหมุนภาพกลับ แต่จากความเป็นจริงของภาพที่เรากำลังพิจารณาอยู่นั้น แนวของตำแหน่งจุดภาพดำทางซ้ายที่นำมาทดลอง อาจเกิดจากเส้นตรงในแนวตั้งมากกว่า 2 เส้น ซึ่งเส้นตรงแต่ละเส้นอาจมีความแตกต่างกันเพียง 1-2 คอลัมน์ เมื่อนำค่าเหล่านั้นมาประมาณค่าความเอียงของหน้าเอกสาร จึงทำให้ได้ค่ามุมที่ไม่เป็นศูนย์องศา เพื่อเป็นการยืนยันข้อความที่กล่าวอ้างมาข้างต้น ผู้วิจัยจึงได้ทำการทดลองเพิ่มเติม โดยการให้สแกนเนอร์สแกนภาพแบบฟอร์มกระดาษคำตอบปรนัยทั้ง 2 รูปแบบผสมกัน จำนวน 30 ภาพ แล้วทำการประมาณค่าความเอียงของภาพเอกสารที่ทำการสแกนเข้ามา พบว่า

1. มีจำนวน 5 ภาพ ที่ให้ค่าประมาณมุมเอียงออกมาน้อยกว่า 0.00 องศา โดยมีค่าอยู่ระหว่าง [-0.1824 ถึง -0.0029] องศา

2. มีจำนวน 4 ภาพ ที่ให้ค่าประมาณมุมเอียงออกมาเท่ากับ 0.00 องศา

3. มีจำนวน 21 ภาพ ที่ให้ค่าประมาณมุมเอียงออกมามากกว่า 0.00 องศา โดยมีค่าอยู่ระหว่าง [0.0023 ถึง 0.1824] องศา

นั้นคือ ค่าขอบเขตของความเอียงของหน้าเอกสารที่ยอมรับได้อยู่ในช่วง ±0.1824 องศา หรือประมาณ ± 0.20 องศา และเมื่อทำการพิจารณาถึงองค์ประกอบที่สำคัญในภาพ ปรากฏว่าทุกภาพเอกสารที่สแกนเข้ามาทำการทดลองสามารถหาแนวเส้นตรงได้ทั้งในแนวตั้ง และแนวนอน (แม้ว่าค่ามุมเอียงจะไม่เท่ากับ 0.00 องศา) ซึ่งแนวเส้นตรงในภาพนี้จะเป็นข้อมูลที่สำคัญที่จำเป็นของระบบตรวจข้อสอบปรนัยอัตโนมัติ ซึ่งจะได้กล่าวถึงในบทถัดไปของวิทยานิพนธ์ ดังนั้น จากภาพตัวอย่างของ แบบฟอร์มกระดาษคำตอบ ภาพที่ 17 มีค่ามุมเอียงที่ประมาณได้เท่ากับ 0.0401 องศา เป็นค่ามุมเอียงที่ยังอยู่ในช่วงที่สามารถยอมรับได้ ดังนั้น จึงสรุปภาพตัวอย่างนี้ <u>ไม่มีการหมุนภาพเอกสาร</u>

Copyright: Graduate School, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, (1997).

ในกรณีทั่วไปสำหรับการประมาณค่าความเอียงของหน้าเอกสาร และเพื่อทดสอบความถูกต้องของอัลกอริธึม จึงนำภาพที่ 17 ไปทำการหมุนภาพด้วยโปรแกรม Photoshop โดยการหมุนไปเป็นมุม ±1, ±3, ±5, และ ±7 ปรากฏผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3

| มุมเริ่มต้น | +1 | -1 | +3 | -3 | +5 | -5 | +7 | -7 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| มุมคำนวณ | 0.9999 | -0.9998 | 3.0035 | -2.9965 | 5.0064 | -4.9964 | 7.0016 | -6.9968 |
| ความผิดพลาด | 0.01 % | 0.02 % | 0.12 % | 0.12% | 0.13 % | 0.07 % | 0.02 % | 0.05 % |

ผลการทดลองการประมาณค่าความเอียง

## สรุป

เนื้อหาของวิทยานิพนธ์ที่กล่าวในบทนี้ ได้กล่าวถึงการประมวลผลขั้นต้นของการประมวลผลภาพ ซึ่งเป็นขั้นตอนที่มีความจำเป็นอย่างยิ่ง เพราะการประมวลผลขั้นต้นจะทำให้ได้ภาพที่มีคุณภาพดีขึ้น และเมื่อเข้าสู่ขั้นตอนการประมวลผลภาพจะทำให้เราสามารถทำงานอย่างอื่นต่อไปได้ทันที จากผลการทดลองทำให้เราตัดสินใจได้ว่า ในการกำจัดสัญญาณรบกวนจะเลือกใช้อัลกอริธึม kFill โดยกำหนดขนาดพารามิเตอร์หน้าต่าง k = 3 เป็นอัลกอริธึมที่เหมาะสมมากที่สุด เพราะขนาดของพารามิเตอร์ k มีขนาดใกล้เคียงกับขนาดสัญญาณรบกวน ทำให้สัญญาณรบกวนขนาดเล็กถูกกำจัดออกไปได้โดยง่าย ส่วนการประมาณค่าความเอียงของหน้าเอกสาร เราเลือกใช้การประมาณสมการเส้นตรงของแนวขอบของตำแหน่งจุดภาพดำทางซ้ายสุดของหน้าเอกสาร ทั้งนี้เพราะเราทราบว่าแบบฟอร์มกระดาษคำตอบข้อสอบปรนัยนั้นมีแนวของเส้นตรงเป็นขอบทางซ้ายที่ชัดเจน เราจึงควรเลือกประมาณเส้นตรงจากแนวของจุดภาพดำทางซ้ายนั้น จากแนวของจุดภาพดำทางซ้ายหาสมการเส้นตรงตัวแทนโดยการประมาณเชิงเส้นด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด แล้วทำการประมาณค่ามุมเอียงของหน้าเอกสาร $\theta$ จากค่าความชันของสมการเส้นตรง ($a$) ซึ่งแม้ว่าในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะไม่ได้มุ่งประเด็นไปที่การประมวลผลขั้นต้น แต่ในวัตถุประสงค์ของงานวิจัยก็ได้กล่าวไว้ชัดเจนว่าต้องการให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นพื้นฐานสำหรับงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนั้นขั้นตอนต่างๆ ของการประมวลผลขั้นต้นที่นำเสนอในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยคิดว่าน่าจะมีความจำเป็นต่องานวิจัยที่เกี่ยวข้อง จึงได้นำมากล่าวถึงเพื่อสะดวกในการอ้างอิงต่อไป

Copyright: Graduate School, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, (1997).

# บทที่ 3

## การสร้างโมเดลของแบบฟอร์มกระดาษคำตอบ

จากที่กล่าวมาในตอนต้นของวิทยานิพนธ์ ระบบตรวจข้อสอบปรนัยที่ใช้หลักการของการประมวลผลภาพ ที่นำเสนอในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ต้องการที่จะให้คอมพิวเตอร์สามารถตรวจข้อสอบได้ด้วยความยืดหยุ่น รวดเร็ว มีประสิทธิภาพ และมีความน่าเชื่อถือ ยกตัวอย่างเช่น ต้องการให้สามารถตรวจข้อสอบที่มีการทำเครื่องหมายเลือกคำตอบได้หลายรูปแบบ ไม่ว่าจะเป็นการกากบาท หรือการระบายในวงกลม แบบฟอร์มกระดาษคำตอบผู้ใช้สามารถออกแบบได้เองตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษา นอกจากนี้ยังสามารถทำข้อสอบได้ทั้งปากกาและดินสอเป็นต้น การที่จะให้คอมพิวเตอร์ทำเช่นนี้ได้จำเป็นต้องมีฐานความรู้ที่จะทำให้คอมพิวเตอร์รู้และเข้าใจถึงโมเดลของแบบฟอร์มแต่ละประเภท รวมไปถึงการจำแนกประเภทของแบบฟอร์มที่สแกนเข้ามาได้เองโดยอัตโนมัติ โดยฐานความรู้นี้จะใช้เก็บสารสนเทศที่จำเป็นต่อการประมวลผลของแบบฟอร์มแต่ละประเภท ซึ่งฐานความรู้ของระบบการประมวลแบบฟอร์มนี้มีชื่อเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า “ฟอร์มไลบรารี” (Form Library)

ดังนั้นในวิทยานิพนธ์บทนี้จะได้กล่าวถึงการประมวลผลในขั้นตอนแรกของระบบตรวจข้อสอบปรนัย คือการสร้างโมเดลของแบบฟอร์มของกระดาษคำตอบแต่ละประเภท ซึ่งแบบฟอร์มกระดาษคำตอบจะมีได้อย่างหลากหลาย ขึ้นกับว่าแต่ละองค์กรนั้นๆ จะออกแบบมาเพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการใช้ข้อมูลของหน่วยงานตัวเองให้มากที่สุด

Copyright: Graduate School, King Mongkut’s Institute of Technology Ladkrabang, (1997).

**<u>การสร้างโมเดลของแบบฟอร์มกระดาษคำตอบ</u>**

ในการออกแบบรูปแบบของแบบฟอร์มกระดาษคำตอบเพื่อสร้างเป็นโมเดลของแบบฟอร์มเพื่อเก็บไว้ในฟอร์มไลบรารี ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้กำหนดเงื่อนไขในการสร้างโมเดลไว้ ดังนี้

1. โมเดลของแบบฟอร์มแต่ละประเภทจะประกอบไปด้วยกรอบสี่เหลี่ยมผืนผ้า ที่มีเส้นตรงล้อมทั้ง 4 ด้าน และจัดแบ่งกรอบข้อมูลออกเป็น 4 ประเภท คือ กรอบรหัสวิชา กรอบรหัสประจำตัวผู้เข้าสอบ กรอบคำตอบ และกรอบที่ไม่สนใจพิจารณา

2. วงกลมในกรอบรหัสวิชา และกรอบคำตอบวางเรียงตัวในแนวนอน และ

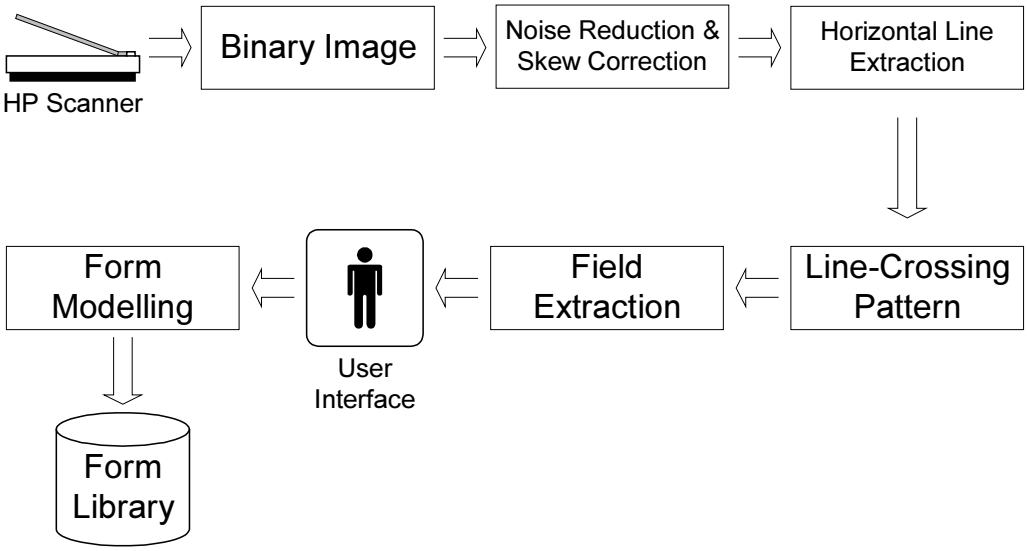
3. วงกลมในกรอบรหัสประจำตัวผู้เข้าสอบวางเรียงตัวในแนวตั้ง

ขั้นตอนที่นำเสนอในการสร้างโมเดลของแบบฟอร์มกระดาษคำตอบแสดงในภาพที่ 23 ซึ่งจะเป็นโครงสร้างโดยรวม โดยเริ่มจากภาพแบบฟอร์มกระดาษคำตอบที่ได้จากสแกนเนอร์ นำมาผ่านการประมวลผลก่อนเพื่อปรับปรุงคุณภาพเอกสาร จากนั้นก็ทำการจำแนกประเภทแบบฟอร์มกระดาษคำตอบโดยใช้เส้นตรงในแกนนอน แล้วคำนวณหาตำแหน่งและประเภทของจุดตัดเส้นตรงในแกนตั้งและแกนนอน จากนั้นก็สร้างกรอบฟิลด์ข้อมูลรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่มีจุดมุมของสี่เหลี่ยมมาจากตำแหน่งและประเภทของจุดตัด จากนั้นสร้างโปรแกรมเพื่อสร้างการติดต่อกับผู้ใช้ (User Interface) เพื่อให้ผู้ใช้กำหนดประเภทของแต่ละฟิลด์ รูปแบบการนำข้อมูลจากแต่ละฟิลด์ไปใช้ และข้อมูลอื่นที่จำเป็น สุดท้ายจะเป็นการสร้างโมเดลของวงกลมที่อยู่ในแต่ละกรอบฟิลด์ข้อมูลโดยใช้การนับจำนวนจุดภาพดำที่เกิดในวงกลมแต่ละวง ซึ่งรายละเอียดของการทำงานจะกล่าวในขั้นต่อไป

สำหรับการเรียงตัวกันของวงกลมในแต่ละกรอบข้อมูลที่วางตัวในแนวทางที่แตกต่างกันนั้น เช่นบางฟิลด์กำหนดไว้ในแนวนอน บางฟิลด์กำหนดไว้ในแนวตั้งนั้น เนื่องผู้วิจัยต้องการแสดงให้เห็นถึงการประยุกต์ใช้หลักการการโปรเจคชั่นในทั้ง 2 แนว คือ ในแกนตั้ง และแกนนอน เพื่อทำการแยกตำแหน่งของวงกลมแต่ละวง ซึ่งในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้กล่าวไว้ในตอนต้นแล้วว่าต้องการทำเป็นงานวิจัยพื้นฐาน ดังนั้นในอนาคตเมื่อหลักการที่นำเสนอสามารถนำไปใช้งานได้จริง วงกลมที่อยู่ในฟิลด์แต่ละประเภทจะเรียงตัวในรูปแบบใดก็ได้

Copyright: Graduate School, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, (1997).

ภาพที่ 23




ขั้นตอนการสร้างโมเดลของแบบฟอร์มกระดาษคำตอบ

**1. <u>การจำแนกประเภทแบบฟอร์มกระดาษคำตอบ</u>**

เนื่องมาจากว่าแบบฟอร์มกระดาษคำตอบที่สแกนเข้ามาสู่ระบบคอมพิวเตอร์มีมากมายหลายรูปแบบ ขึ้นกับความจำเป็นในการใช้งานข้อมูลของแต่ละองค์กร ดังนั้นเราจำเป็นที่จะต้องหาวิธีการสำหรับทำให้คอมพิวเตอร์เข้าใจ และสามารถแยกแบบฟอร์มที่สแกนเข้ามาได้ด้วนตัวของมันเอง วิธีการในการจำแนกแบบฟอร์มที่ผ่านมาที่มีการศึกษา มีดังนี้

**1.1 การจำแนกแบบฟอร์มโดยใช้หมายเลขกำกับแบบฟอร์ม**

การใส่หมายเลขกำกับแบบฟอร์มบนเอกสารที่สแกนเข้ามา ตำแหน่งของหมายเลขกำกับแบบฟอร์มจะต้องเป็นตำแหน่งเดียวกันทุกหน้าเอกสารสแกนจะไม่สามารถเคลื่อนย้ายได้ เพราะถ้ามีการเปลี่ยนตำแหน่งจะทำให้คอมพิวเตอร์ไม่สามารถแยกได้ว่าแบบฟอร์มที่สแกนเข้ามาเป็นแบบฟอร์มประเภทใด ซึ่งถ้าแบบฟอร์มที่สแกนเข้ามาอยู่ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดวิธีนี้จะเป็นวิธีที่สามารถระบุประเภทของแบบฟอร์มได้ถูกต้องที่สุด แต่เนื่องจากว่าภาพเอกสารได้จากการสแกนผ่านทางสแกนเนอร์ ในการวางกระดาษบนเครื่องสแกนเนอร์เพื่อทำการสแกนนั้นจะไม่ลงในตำแหน่งเดียวกันเสมอไป ทำให้ในแต่ละครั้งของการสแกนตำแหน่งของจุดภาพก็จะเกิดในตำแหน่ง

Copyright: Graduate School, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, (1997).

ที่แตกต่างกัน เรียกว่า การย้ายตำแหน่งจุดภาพ (Pixels Translation) จากปัญหาที่กล่าวมาทำให้การจำแนกประเภทแบบฟอร์มด้วยวิธีนี้มีความถูกต้องน้อยลง

**1.2 การจำแนกแบบฟอร์มโดยใช้บาร์โคด**

การใช้บาร์โคดบนแบบฟอร์มจะสามารถแก้ปัญหาของการจำแนกแบบฟอร์มโดยการใช้หมายเลขกำกับแบบฟอร์มได้ในระดับหนึ่ง เพราะแถบของบาร์โคดจะมีความสูงทำให้ช่วงของตำแหน่งที่เราจะอ่านเพื่อการจำแนกชนิดของแบบฟอร์มเป็นไปได้มากขึ้น แต่ถ้าในขั้นตอนของการสแกนมีการวางตำแหน่งของกระดาษแตกต่างไปจากเดิมมาก (ตำแหน่งจุดภาพมีการเปลี่ยนแปลงไปมาก) การใช้บาร์โคดก็ไม่สามารถจำแนกแบบฟอร์มได้

**1.3 การจำแนกแบบฟอร์มโดยใช้แนวเส้นตรงบนแบบฟอร์ม**

การจำแนกประเภทแบบฟอร์มโดยวิธีนี้ สามารถนำไปใช้ได้ในโลกของความเป็นจริงของการประมวลผลแบบฟอร์มด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ ทั้งนี้เพราะเส้นตรงในภาพ คือ จุดภาพดำหลายๆ จุดที่เรียงต่อเนื่องกันทั้งในแนวนอน และแนวตั้ง ดังนั้นแม้ว่าตำแหน่งของเส้นตรงจะมีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างไร เราก็ยังสามารถที่จะหาเส้นตรงได้ จากเส้นตรงที่หาได้บนภาพก็จะใช้เป็นตัวแยกประเภทของแบบฟอร์ม

เส้นตรงที่จะใช้ในการจำแนกประเภทแบบฟอร์มมี 2 อย่างคือ เส้นตรงในแกนนอน และเส้นตรงในแกนตั้ง ข้อมูลที่จำเป็นของเส้นตรงที่จะใช้ในการจำแนกประเภทแบบฟอร์ม ยกตัวอย่าง เช่น จำนวนของเส้นตรงทั้งในแต่ละแกน ความยาวของเส้นตรงแต่ละเส้น และระยะห่างของเส้นตรงสองเส้นที่อยู่ติดกันที่วางตัวอยู่ในแกนเดียวกัน ในความเป็นจริงแล้วไม่จำเป็นที่เราจะต้องจำแนกประเภทแบบฟอร์มโดยใช้เส้นตรงทั้งสองแกน เราอาจใช้เพียงแกนเดียวก็เพียงพอสำหรับการจำแนกแล้ว

**หลักการที่นำเสนอ** ในการใช้แนวเส้นตรงเป็นตัวจำแนกความแตกต่างของแบบฟอร์มในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะใช้ จำนวน ความยาว และระยะห่างระหว่างเส้นตรง

**1. <u>การหาแนวเส้นตรง</u>**

จากที่กล่าวมาข้อมูลที่เราต้องการสำหรับการจำแนกประเภทแบบฟอร์มจะต้องสามารถบรรยายถึงตำแหน่งและความยาวของเส้นตรงในแนวนอนและแนวตั้งที่ปรากฏในภาพ ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสนอการค้นหาเส้นตรงนี้อาศัยการประมวลผล 2 ขั้นตอน ขั้นตอนแรกใช้วิธี

Copyright: Graduate School, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, (1997).

Runlength โดยสแกนทีละแถว (หรือทีละคอลัมน์) เพื่อสร้างลิสต์ (List) ของเส้นตรงที่เป็นไปได้ทั้งหมด โดยเส้นตรงแต่ละเส้นจะถูกบรรยายโดยพิกัดจุดเริ่มต้น (BegX, BegY) และความยาวของเส้นตรงนั้น (LRun) ภาพที่ 24 แสดงตัวอย่างของภาพเริ่มต้น พร้อมทั้งเส้นตรงในแนวนอนและแนวตั้งทั้งหมดที่คำนวณได้จากการประมวลผลในขั้นแรก พิจารณาเส้นตรงในแนวนอนจะเห็นว่า เส้นตรงที่ 1 และ 2 เป็นเส้นเดียวกัน ทำนองเดียวกับเส้นที่ 3 และ 4 ซึ่งมีตำแหน่งเริ่มต้นในแนวตั้ง (BegY) อยู่ติดกัน

การประมวลผลในขั้นตอนที่สองจะเป็นการทำงานกับข้อมูลที่อยู่ใน List ของเส้นตรงเพื่อรวม (Merge) เส้นตรงที่อยู่ติดกับเข้าด้วยกัน ตามอัลกอริธึมที่ 3 และผลการประยุกต์ใช้กับข้อมูลในภาพที่ 24 แสดงได้ในภาพที่ 25

**อัลกอริธึม 3** การจัดการรวมเส้นตรงที่อยู่ติดกัน

**เริ่มต้น**

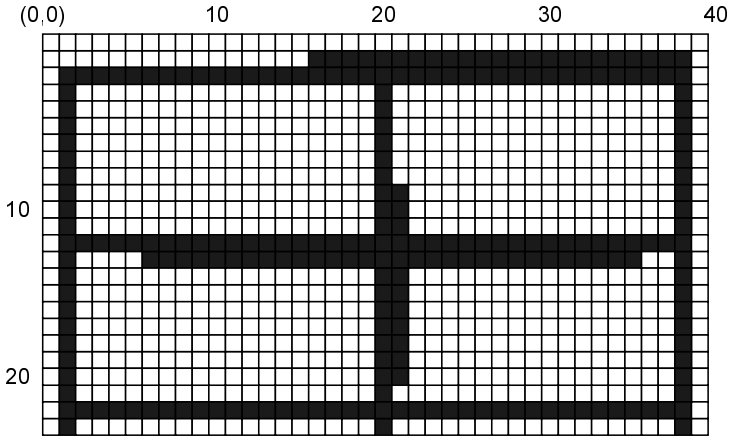
กำหนด q และ walk เป็นตัวชี้โหนดของเส้นตรงโดย q เป็นโหนดนำ

1) พิจารณาเส้นตรงสองเส้นถ้ามีจุดเริ่มในแกน Y เท่ากัน และเส้นตรงสองเส้นมีจุดภาพขาวคั่นกลางไม่เกิน 30 จุด ให้ต่อเส้นตรงสองเส้นเป็นเส้นตรงเดียวกัน โดยจุดเริ่มต้นของเส้นตรงให้อยู่ที่โหนด q ส่วนความยาวก็ให้ยาวถึงตำแหน่งสุดท้ายของเส้นตรงของโหนด walk
2) พิจารณาเส้นตรงสองเส้นมีจุดเริ่มในแกน Y ติดกัน และตำแหน่งสุดท้ายของเส้นตรงที่ 1 ห่างจากจุดเริ่มต้นของเส้นตรงที่ 2 น้อยกว่า 30 จุด พิจารณาต่อไปว่าระหว่างสองโหนดที่ติดกันนั้นโหนดใดมีจุดเริ่มต้นในแนวแกน X น้อยกว่าก็ให้เลือกโหนดนั้นเป็นหลัก ส่วนความยาวนั้นก็ให้ยาวถึงตำแหน่งสุดท้ายที่มากที่สุดระหว่างเส้นตรงสองเส้น
3) วนกลับไปทำงานขั้นตอนที่ 1 จนกว่าจะเปรียบเทียบถึงโหนดสุดท้าย

**จบงาน**

Copyright: Graduate School, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, (1997).

ภาพที่ 24




เส้นตรงในแนวนอน

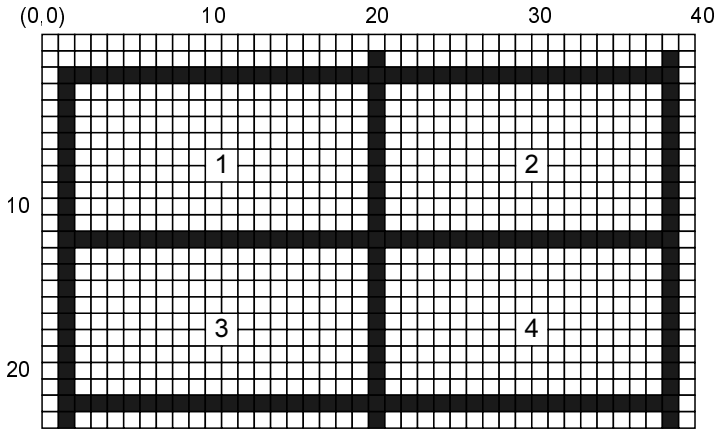
| เส้นที่ | (BegX | BegY) | LRun |
|---|---|---|---|
| 1 | 16 | 1 | 22 |
| 2 | 1 | 2 | 37 |
| 3 | 1 | 12 | 37 |
| 4 | 6 | 13 | 29 |
| 5 | 1 | 22 | 37 |

เส้นตรงในแนวตั้ง

| เส้นที่ | (BegX | BegY) | LRun |
|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 2 | 21 |
| 2 | 20 | 1 | 22 |
| 3 | 21 | 9 | 11 |
| 4 | 38 | 1 | 22 |

ภาพเริ่มต้นที่มีเส้นตรงหนามากกว่าหนึ่งจุดภาพ

ภาพที่ 25




เส้นตรงในแนวนอน

| เส้นที่ | (BegX | BegY) | LRun |
|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 2 | 37 |
| 2 | 1 | 12 | 37 |
| 3 | 1 | 22 | 37 |

เส้นตรงในแนวตั้ง

| เส้นที่ | (BegX | BegY) | LRun |
|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 2 | 21 |
| 2 | 20 | 1 | 22 |
| 3 | 38 | 1 | 22 |

ภาพเอกสารหลังการรวมเส้นตรงที่อยู่ติดกัน

Copyright: Graduate School, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, (1997).

**2. <u>การจำแนกแบบฟอร์มกระดาษคำตอบโดยใช้แนวเส้นตรง</u>**

ในการจำแนกประเภทแบบฟอร์มโดยใช้เส้นตรงอาจใช้ทั้งเส้นตรงในแนวตั้งและแนวนอนพร้อมๆ กัน หรือใช้เพียงอย่างใดอย่างหนึ่ง ซึ่งในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ทำการจำแนกประเภทแบบฟอร์มโดยใช้ จำนวน ความยาวของเส้นตรงแต่ละเส้น และระยะห่างระหว่างเส้นของเส้นตรงในแนวนอนที่ปรากฏบนภาพ ทำการเปรียบเทียบกับข้อมูลเส้นตรงในแนวนอนของแบบฟอร์มแต่ละประเภทที่เก็บในฟอร์มไลบรารี

**อัลกอริธึม 4** การจำแนกแบบฟอร์มกระดาษคำตอบโดยใช้แนวเส้นตรง

**เริ่มต้น**

1. นับจำนวนเส้นตรงในแนวนอนจากหน้าเอกสารที่สแกนเข้ามา (NoInputLine)
2. นับจำนวนเส้นตรงในแนวนอนของแบบฟอร์มประเภทที่ k : k=1,…,n ; step is 1 (NoFormLine)
3. เปรียบเทียบค่า NoInputLine และค่า NoFormLine
4. เปรียบเทียบความยาวของเส้นตรงระหว่าง InputForm กับค่าใน Form Library ของฟอร์มประเภทที่ k
5. เปรียบเทียบระยะห่างของเส้นสองเส้นที่อยู่ติดกัน
   5.1 ระยะห่างของเส้นตรงที่อยู่ติดกันจากหน้าเอกสารที่สแกนเข้ามา และ
   5.2 ระยะห่างของเส้นตรงที่อยู่ติดกันที่เก็บใน Form Library ของฟอร์มประเภทที่ k
6. ถ้าเงื่อนไขข้อ 3, 4 และ 5 เป็นจริงทั้งหมด แสดงว่าภาพที่สแกนเข้ามาเป็นแบบฟอร์มประเภท k แต่ถ้าไม่เป็นจริง จะทำการหาว่าเป็นแบบฟอร์มประเภทอื่นอีกหรือไม่
   โดยกลับไปทำขั้นตอนที่ 2 ถึง 6 ถ้าหาจนหมดในฟอร์มไลบรารีแล้วยังหาไม่พบก็ให้แสดงว่าภาพที่สแกนเข้ามายังไม่มีโมเดลแบบฟอร์มต้องทำการสร้างใหม่

**จบงาน**

**2. <u>การกำหนดขอบเขตฟิลด์ข้อมูล</u>**

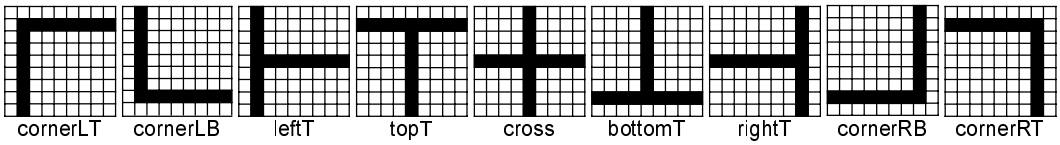
การกำหนดขอบเขตฟิลด์ข้อมูลเป็นกระบวนการที่ผู้ใช้ต้องมีส่วนเกี่ยวข้องกับระบบเพื่อการสร้างฐานข้อมูลให้กับคอมพิวเตอร์ โดยผู้ใช้จะเป็นผู้กำหนดว่าแต่ละฟิลด์ข้อมูลนั้น จะมีหน้าที่อย่างไร ข้อมูลในฟิลด์เป็นประเภทใด จะนำไปใช้อย่างไร ซึ่งฟิลด์แต่ละฟิลด์ในแต่ละประเภทแบบฟอร์มก็จะมีข้อมูลเหล่านี้แตกต่างกัน การกำหนดเหล่านี้ต้องให้ผู้ใช้เป็นผู้กำหนดไม่สามารถให้เครื่องคอมพิวเตอร์ตัดสินใจทำด้วยตัวมันเองได้ ขั้นตอนในการกำหนดฟิลด์ข้อมูลประกอบด้วย

Copyright: Graduate School, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, (1997).

**2.1 การคำนวณรูปแบบการตัดกันของเส้นตรง**

เมื่อเราได้เส้นตรงที่วางตัวอยู่ในสองแนว คือ แนวตั้งและแนวนอน และเราทราบว่าเส้นตรงสองเส้นตั้งฉากกัน แสดงว่าเส้นตรงทั้งสองแนวต้องลากพบกันแน่นอน ดังนั้นเราจะทำการคำนวณหาตำแหน่งและรูปแบบการตัดกันของเส้นตรงเหล่านั้น ซึ่งการตัดกันของเส้นตรงเราจะนำไปใช้ในการกำหนดตำแหน่งฟิลด์ข้อมูลในการประมวลผลแบบฟอร์ม กำหนดหน้าต่างขนาด 9x9 สำหรับการหาการตัดกันของเส้นตรงสองแนว รูปแบบการตัดกันจะเป็นไปได้ 9 รูปแบบมาตรฐาน ดังแสดงภาพที่ 26

ภาพที่ 26




รูปแบบการตัดกันของเส้นตรง

จากตัวอย่างภาพที่ 25 ถ้านำมาคำนวณหาตำแหน่งการตัดกันทั้ง 9 รูปแบบ จะได้ผลการทดลองตามแสดงในตารางที่ 4 ซึ่งข้อมูลที่เราต้องการเก็บไว้ก็คือ ตำแหน่งจุดตัด (X,Y) และรูปแบบการตัดกัน (CornerType)

ตารางที่ 4

| Point | X | Y | CornerType | Point | X | Y | CornerType | Point | X | Y | CornerType |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 2 | cornerLT | 5 | 20 | 12 | cornerRB | 6 | 38 | 12 | cornerRB |
| 2 | 20 | 2 | cornerRT | 5 | 20 | 12 | cornerLB | 6 | 38 | 12 | cornerRT |
| 2 | 20 | 2 | cornerLT | 5 | 20 | 12 | cornerRT | 6 | 38 | 12 | rightT |
| 2 | 20 | 2 | topT | 5 | 20 | 12 | cornerLT | 7 | 2 | 22 | cornerLB |
| 3 | 38 | 2 | cornerRT | 5 | 20 | 12 | rightT | 8 | 20 | 22 | cornerRB |
| 4 | 1 | 12 | cornerLB | 5 | 20 | 12 | leftT | 8 | 20 | 22 | cornerLB |
| 4 | 1 | 12 | cornerLT | 5 | 20 | 12 | bottomT | 8 | 20 | 22 | bottomT |
| 4 | 1 | 12 | leftT | 5 | 20 | 12 | topT | 9 | 38 | 22 | cornerRB |
| | | | | 5 | 20 | 12 | cross | | | | |

ตำแหน่งและรูปแบบการตัดกันของเส้นตรงทั้งหมดที่เป็นไปได้

Copyright: Graduate School, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, (1997).

จากตารางที่ 4 ถ้าเป็นการคำนวณหารูปแบบการตัดกันของเส้นตรงตามปกติ ในแต่ละตำแหน่งที่มีการลากผ่านกันของเส้นตรงจะต้องใช้การคำนวณรูปแบบการตัดกันให้ครบทั้ง 9 รูปแบบ ซึ่งถ้าพิจารณาให้ดีจะคำนวณหาการตัดกันของเส้นตรงเพียง 4 รูปแบบ คือ cornerLT, cornerRT, cornerLB และ cornerRB เมื่อได้ตำแหน่งการตัดกันทั้งหมดของเส้นตรงทั้ง 4 รูปแบบ พิจารณาต่อไปว่า ตำแหน่งจุดตัดใดๆ จะมีรูปแบบการตัดกันในอีก 5 รูปแบบที่เหลือ ตำแหน่งจุดตัดนั้นต้องมีรูปแบบการตัดกันใน 4 รูปแบบแรกที่กล่าวมามากกว่า 1 ครั้ง หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งก็คือ มีโหนดของการตัดกันของเส้นตรงสองเส้นที่มีจุดตัด (X, Y) เดียวกันมากกว่า 1 โหนด โดยแต่ละโหนดนั้นมีรูปแบบของการตัดกันที่แตกต่างกัน ดังแสดงไว้ในตารางที่ 4 และโดยเงื่อนไขในการสร้างจุดตัด 5 รูปแบบเหลือจะกำหนดไว้ในอัลกอริธึม 5 จะได้ผลการทดลองแสดงไว้ในตารางที่ 6

**อัลกอริธึม 5** เงื่อนไขการตัดกันของเส้นตรง 5 ประเภท

For the same Coordinate (X, Y) Of LineCrossing Position

1) IF (cornerLB and cornerRB) THEN bottomT.
2) IF (cornerLT and cornerRT) THEN topT.
3) IF (cornerRB and cornerRT) THEN rightT.
4) IF (cornerLB and cornerLT) THEN leftT.
5) IF (cornerLB and cornerRT) or (cornerRB and cornerLT) THEN cross.

ตารางที่ 5

| Point | X | Y | CornerType | Point | X | Y | CornerType | Point | X | Y | CornerType |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 2 | cornerLT | 5 | 20 | 12 | cornerRB | 6 | 38 | 12 | cornerRB |
| 2 | 20 | 2 | cornerRT | 5 | 20 | 12 | cornerLB | 6 | 38 | 12 | cornerRT |
| 2 | 20 | 2 | cornerLT | 5 | 20 | 12 | cornerRT | 7 | 2 | 22 | cornerLB |
| 3 | 38 | 2 | cornerRT | 5 | 20 | 12 | cornerLT | 8 | 20 | 22 | cornerRB |
| 4 | 1 | 12 | cornerLB | | | | | 8 | 20 | 22 | cornerLB |
| 4 | 1 | 12 | cornerLT | | | | | 9 | 38 | 22 | cornerRB |

ตำแหน่งและรูปแบบการตัดกันของเส้นตรงโดยการหารูปแบบการตัดกันเพียง 4 รูปแบบแรก

Copyright: Graduate School, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, (1997).

ตารางที่ 6

| Point | X | Y | CornerType | Point | X | Y | CornerType | Point | X | Y | CornerType |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 2 | cornerLT | 4 | 1 | 12 | leftT | 7 | 2 | 22 | cornerLB |
| 2 | 20 | 2 | topT | 5 | 20 | 12 | cross | 8 | 20 | 22 | bottomT |
| 3 | 38 | 2 | cornerRT | 6 | 38 | 12 | rightT | 9 | 38 | 22 | cornerRB |

ตำแหน่งและรูปแบบการตัดกันของเส้นตรงสองเส้นเมื่อผ่านความสัมพันธ์ในอัลกอริธึม 5

**2.2 การแยกฟิลด์ข้อมูล (Fields Extraction)** จากตำแหน่ง และรูปแบบการตัดกันของของเส้นตรงในสองแนว นำมาหาความสัมพันธ์เพื่อสร้างฟิลด์ข้อมูลรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าโดยแต่ละฟิลด์ข้อมูลนั้นจะต้องถูกล้อมรอบด้วยเส้นตรงทั้ง 4 ด้าน โดยแต่ละฟิลด์มีข้อมูลที่จำเป็นต้องใช้คือ มุมบนซ้ายของฟิลด์ (TopX, TopY), มุมล่างขวาของฟิลด์ (BottomX, BottomY) และประเภทของฟิลด์ (FieldType) การกำหนดประเภทของฟิลด์ก็เพื่อประโยชน์สูงสุดในการทำงานกับข้อมูลในแต่ละฟิลด์นั้นๆ

**หลักการที่นำเสนอ**

**การกำหนดตำแหน่งฟิลด์** ในการกำหนดตำแหน่งของฟิลด์รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ต้องคำนึงเสมอว่าขอบเขตของแต่ละฟิลด์นั้นต้องไม่คาบเกี่ยวกัน (Overlap) กล่าวคือ สมาชิกของฟิลด์สองฟิลด์ที่ติดกันต้องไม่เกิดการอินเตอร์เซคชั่น แต่มันสามารถใช้ตำแหน่งจุดตัดกันเป็นจุดมุมในการสร้างฟิลด์ร่วมกันได้ เช่น จากภาพที่ 25 จุดตัดที่ (20, 12, cross) ซึ่งเป็นมุมล่างขวาของฟิลด์ที่ 1 และในขณะเดียวกันจุดดังกล่าวนั้นก็เป็นจุดมุมบนซ้ายของฟิลด์ที่ 4 ด้วย

**อัลกอริธึม 6** เงื่อนไขของจุดมุมจากรูปแบบจุดตัดของเส้นตรง

1. IF (cornerLT or leftT or topT or cross) THEN TopLeft of Field
2. IF (cornerRT or rightT or topT or cross) THEN TopRight of Field
3. IF (cornerRB or rightT or bottomT or cross) THEN BottomRight of Field
4. IF (cornerLB or leftT or bottomT or cross) THEN BottomLeft of Field

Copyright: Graduate School, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, (1997).

**การกำหนดประเภทของฟิลด์** ในแบบฟอร์มกระดาษคำตอบของข้อสอบปรนัยได้กำหนดให้กรอบฟิลด์รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าแบ่งประเภทของการใช้งานที่แตกต่างกันไว้ 4 ประเภท ดังนี้ ฟิลด์รหัสวิชา ฟิลด์รหัสประจำตัวผู้เข้าสอบ ฟิลด์คำตอบ และฟิลด์ที่ไม่สนใจพิจารณา โดยในขั้นตอนของการประมวลผลจะทำการประมวลผลกับฟิลด์ 3 ประเภทแรกเท่านั้น โดยข้อมูลที่อยู่ในแต่ละฟิลด์จะเป็นภาพของวงกลมที่มีตัวเลข หรือตัวอักษรอยู่ภายใน สำหรับการกำหนดประเภทของฟิลด์ ผู้ใช้จะต้องเป็นผู้กำหนด (User Interface) โดยให้กำหนดตัวเลขแทนข้อมูลแต่ละฟิดล์ ดังนี้

0 = ฟิลด์ข้อมูลรหัสประจำตัวผู้เข้าสอบ
1 = ฟิลด์ข้อมูลรหัสวิชา
2 = ฟิลด์ข้อมูลคำตอบ
3 = ฟิดล์ข้อมูลที่ไม่ใช้ในการประมวลผล

### 3. <u>โมเดลของแบบฟอร์มกระดาษคำตอบ</u>

ในการสร้างโมเดลของแบบฟอร์มกระดาษคำตอบ ก็จะเป็นการพิจารณาถึงกรอบข้อมูลทุกประเภทที่จำเป็นต่อการประมวลผลการตรวจข้อสอบ นั้นคือ จะต้องสร้างโมเดลของฟิลด์รหัสประจำตัวผู้เข้าสอบ ฟิลด์รหัสวิชา และฟิลด์คำตอบ โดยทั่วไปแล้วข้อมูลที่อยู่ในแต่ละฟิลด์จะเป็นวงกลมซึ่งมีไว้สำหรับผู้เข้าสอบทำการระบายเพื่อเลือกในตำแหน่งที่ต้องการ ดังนั้นในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะต้องการนำเสนออัลกอริธึมเพื่อใช้ประโยชน์จากวงกลมในภาพของแบบฟอร์มกระดาษคำตอบ ซึ่งเป็นที่ทราบกันดีแล้วว่าวงกลมที่อยู่ในภาพก็คือตำแหน่งจุดภาพที่มีค่าเป็น 1 (ON) ดังนั้นจึงจะใช้คุณสมบัตินี้เพื่อสร้างเป็นโมเดล และลิสต์ของข้อมูลระบบตรวจข้อสอบปรนัยที่ใช้หลักการของการประมวลผลภาพเป็นพื้นฐาน โดยหลักการที่นำเสนอนั้นจะใช้การนับจำนวนจุดภาพดำที่เกิดขึ้นในวงกลมแต่ละวง แต่ก่อนที่จะทำการนับจุดภาพดำในวงกลม จะต้องหาตำแหน่งของวงกลมแต่ละวงให้ได้ก่อน โดยในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะใช้หลักการของการโปรเจคชั่นในการประยุกต์หาตำแหน่งของวงกลม

พิจารณาภาพที่ 17 เป็นภาพตัวอย่างแบบฟอร์มข้อสอบประเภทที่ 1 ที่มีโครงสร้างภายในครบทั้ง 4 ประเภทฟิลด์ ในแต่ละฟิลด์ที่มีความจำเป็นต่อการตรวจข้อสอบจะมีวงกลมอยู่หลายวงและภายในวงกลมก็มีตัวเลขหรือตัวอักษรอยู่ภายใน ซึ่งภาพที่ 17 นี้จะถูกนำไปเป็นตัวอย่างเพื่อสร้างโมเดลของแบบฟอร์มกระดาษคำตอบ

Copyright: Graduate School, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, (1997).

**3.1 หลักการโปรเจคชั่น**

การโปรเจคชั่น คือ ฮิสโตแกรมของจุดภาพดำที่นับรวมสะสมในแต่ละแถว หรือแต่ละคอลัมน์บนหน้าเอกสาร นั้นคือ การโปรเจคชั่นจะแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

- การโปรเจคชั่นตามแนวนอนโดยการสแกนนับจำนวนจุดภาพดำในแต่ละแถว ผลจากการโปรเจคชั่นตามแกนนอนจะทำให้ได้ฮิสโตแกรมที่สามารถระบุถึงตำแหน่งของบรรทัดตัวหนังสือแต่ละบรรทัด และ
- การโปรเจคชั่นตามแนวตั้งโดยการสแกนนับจำนวนจุดภาพดำในแต่ละคอลัมน์ ซึ่งผลจากการโปรเจคชั่นตามแนวตั้งจะทำให้ได้ฮิสโตแกรมที่สามารถระบุตำแหน่งของแต่ละคอลัมน์ ที่ปรากฏบนหน้าเอกสาร

**3.2 โมเดลของฟิลด์รหัสวิชา**

ในกรอบข้อมูลรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่กำหนดไว้เป็นฟิลด์รหัสวิชา ในวิทยานิพนธ์นี้กำหนดไว้ว่าทุกฟิลด์จะต้องวางตัวตามแนวนอน นั้นคือ วงกลมที่อยู่ภายในแต่ละกรอบ จะเรียงตัวจากซ้ายไปขวา และจากการวางตัวเช่นนี้ ทำให้เรารู้ว่าการเรียงลำดับของฟิลด์รหัสวิชาจะเรียงจากล่างขึ้นบน คือฟิลด์ที่อยู่ล่างสุดจะเป็นฟิลด์ลำดับที่หนึ่ง ส่วนฟิลด์ลำดับที่สองก็จะอยู่ถัดขึ้นมา และฟิลด์ที่อยู่ในตำแหน่งบนสุดก็จะเป็นฟิลด์ลำดับสุดท้าย

เนื่องจากในแบบฟอร์มกระดาษกระดาษคำตอบแต่ละประเภท จะมีการกำหนดรหัสวิชาไว้แตกต่างกัน ดังนั้นจำนวนกรอบข้อมูลที่จะถูกกำหนดเป็นฟิลด์รหัสวิชาก็จะต้องมีการเปลี่ยนแปลงไปตามประเภทของแบบฟอร์มนั้นๆ และเมื่อพิจารณาถึงจำนวนวงกลมที่จะใช้แทนข้อมูลในแต่ละฟิลด์ก็จะมีจำนวนไม่เท่ากันด้วย ทั้งนี้เพราะการสร้างรหัสวิชาโดยทั่วไปจะต้องผสมรวมกันระหว่างตัวอักษรและตัวเลขเพื่อให้ได้ความหมายในการอ้างอิงถึง เช่น รหัสวิชาประเภทคณิตศาสตร์ก็จะขึ้นต้นด้วย MAxxxx ประเภทวิชาภาษาอังกฤษก็อาจขึ้นต้นด้วย ENxxxx เป็นต้น ดังนั้นตำแหน่งของวงกลมแต่ละวงก็จะมีความหมายที่แตกต่างกัน สำหรับฟิลด์ที่วงกลมภายในใช้แทนตำแหน่งของตัวอักษรก็จะมีจำนวนวงกลม 26 ตัวตามจำนวนอักขระในภาษาอังกฤษ ส่วนฟิลด์ที่วงกลมภายในใช้แทนตำแหน่งของตัวเลขก็จะมีวงกลมจำนวน 10 วง (เท่ากับจำนวนตัวเลข 0-9) แต่ในบางหน่วยงานก็จะพบว่าในการกำหนดรหัสวิชา จะกำหนดรหัสวิชาเป็นตัวเลขทั้งหมด เช่น สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ใช้รหัสวิชาเป็นตัวเลขทั้งหมด 8 หลัก ในกรณีเช่นนี้ เราก็จะให้ผู้ใช้กำหนดรูปแบบของฟิลด์รหัสวิชาเป็นฟิลด์ของตัวเลขทั้งหมด ซึ่งโปรแกรมได้เตรียมรองรับกรณีต่างๆ ของรหัสวิชาไว้หมดแล้ว ไม่ว่าจะเป็นตัวเลขทั้งหมด หรือเป็นหนังสือทั้งหมด หรือเกิดจากการผสมกันระหว่างตัวหนังสือกับตัวเลขก็ได้

Copyright: Graduate School, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, (1997).

ตามที่ได้เคยกล่าวไว้ในตอนต้นว่ากรอบข้อมูลที่เป็นฟิลด์รหัสวิชา แต่ละกรอบวางตัวในแนวนอน ดังนั้นการสร้างโมเดลของรหัสวิชาก็คือการหาว่า ตำแหน่งและจำนวนจุดภาพดำของวงกลมแต่ละวงในแต่ละฟิลด์รหัสวิชาให้ครบทุกฟิลด์ โดยในการหาตำแหน่งและจำนวนของจุดภาพดำจะใช้การโปรเจคชั่นในแนวตั้ง สำหรับการแทนค่าตำแหน่งของวงกลมแบ่งออกเป็น 2 อย่าง คือ 1) กรอบวงกลมอักษร การแทนค่าสำหรับวงกลมตำแหน่งที่ 1,2,3,…,26 จะให้แทนด้วยอักษร A,B,C,…,Z ตามลำดับ และ 2) กรอบวงกลมตัวเลข การแทนค่าสำหรับตำแหน่งวงกลมที่ 1,2,3,…,10 จะแทนด้วยอักษร 0,1,2,…,9 ตามลำดับ

**อัลกอริธึมที่ 7** การหาตำแหน่งของวงกลมแต่ละวงในฟิลด์รหัสวิชา
**เริ่มต้น**

```
while FieldType เป็นฟิลด์ประเภทรหัสวิชา (SubjectBox) {
    นับจำนวนจุดภาพดำในขอบเขตของฟิลด์ที่กำลังพิจารณา โดยโปรเจคชั่นในแนวตั้ง เก็บในตัวแปร
        VerHistogram[j] เมื่อ j คือตำแหน่งคอลัมน์ที่สแกนนับจำนวนจุดภาพดำ
    หาค่าความสูงเฉลี่ยของฮิสโตแกรมทั้งหมดเพื่อใช้ตัดหาตำแหน่งวงกลมแต่ละวง (Thr)
    หาขอบเขตของตำแหน่งเริ่มต้นและสุดท้ายของวงกลมแต่ละวง โดยพิจารณาประกอบกับค่าเฉลี่ย Thr
        โดยช่วงของตำแหน่งวงกลมแต่ละวงนั้น จะต้องมีค่าฮิสโตแกรมที่มากกว่าค่า Thr
    นับผลรวมของจำนวนจุดภาพดำในขอบเขตของวงกลมแต่ละวง
    Skip to Next Node 0f SubjectBox
} //endWhile
```

**จบงาน**

โดยที่ FieldType คือ ประเภทของฟิลด์ข้อมูลที่กำลังสนใจ
VerHistogram[j] คือ ฮิสโตแกรมสำหรับนับจำนวนจุดภาพดำในแต่ละคอลัมน์ของฟิลด์
Thr คือ ค่าเฉลี่ยความสูงของฮิสโตแกรม

### 3.3 โมเดลของฟิลด์รหัสประจำตัวผู้เข้าสอบ

สำหรับกรอบข้อมูลรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่กำหนดไว้เป็นฟิลด์รหัสรหัสประจำตัวผู้เข้าสอบ ในวิทยานิพนธ์นี้กำหนดให้แต่ละกรอบวางตัวตามแนวตั้ง นั้นคือ วงกลมที่อยู่ภายในแต่ละกรอบจะเรียงตัวจากบนลงล่าง จากการวางตัวเช่นนี้ทำให้เรารู้ว่าการเรียงลำดับของฟิลด์รหัสประจำตัวผู้เข้าสอบจะเรียงจากซ้ายไปขวา คือฟิลด์ที่อยู่ซ้ายสุดจะเป็นฟิลด์ลำดับที่หนึ่ง ส่วนฟิลด์ลำดับที่สองก็จะอยู่ในลำดับถัดมาทางขวา และฟิลด์ที่อยู่ในตำแหน่งขวาสุดก็จะเป็นฟิลด์ลำดับสุดท้าย

Copyright: Graduate School, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, (1997).

โดยทั่วไปแล้วรหัสประจำตัวผู้เข้าสอบจะเป็นตัวเลขเพียงอย่างเดียว ดังนั้นเราจึงกำหนดให้ฟิลด์รหัสประจำตัวผู้เข้าสอบเป็นฟิลด์ของวงกลมตัวเลข (Numeric) ดังนั้นในแต่ละฟิลด์ก็จะมีวงกลมอยู่ภายในจำนวน 10 วง และเนื่องจากวงกลมในแต่ละกรอบวางตัวในแนวตั้ง ดังนั้นการสร้างโมเดลของรหัสประจำตัวผู้เข้าสอบทำได้โดยการโปรเจคชั่นจุดภาพดำในแนวนอน และพิจารณาหาตำแหน่งและจำนวนจุดภาพดำในวงกลมแต่ละวงให้แต่ละฟิลด์รหัสประจำตัวผู้เข้าสอบให้ครบทุกฟิลด์ สาหรับการแทนค่าของตำแหน่งวงกลม โดยตำแหน่งของวงกลมวงที่ 1,2,3,…,10 ของแต่ละฟิลด์จะแทนด้วยอักษร 0,1,2,…,9 ตามลำดับ

**อัลกอริธึมที่ 8** การหาตำแหน่งของวงกลมแต่ละวงในฟิลด์รหัสประจำตัวผู้เข้าสอบ
**เริ่มต้น**

```
while FieldType เป็นฟิลด์ประเภทรหัสประจำตัวผู้เข้าสอบ (StudentIDBox) {
    นับจำนวนจุดภาพดำในขอบเขตของฟิลด์ที่กำลังพิจารณา โดยโปรเจคชั่นในแนวนอน เก็บในตัวแปร
        HorHistogram[i] เมื่อ i คือตำแหน่งแถวที่สแกนนับจำนวนจุดภาพดำ
    หาค่าความสูงเฉลี่ยของฮิสโตแกรมทั้งหมดเพื่อใช้ตัดหาตำแหน่งวงกลมแต่ละวง (Thr)
    หาขอบเขตของตำแหน่งเริ่มต้นและสุดท้ายของวงกลมแต่ละวง โดยพิจารณาประกอบกับค่าเฉลี่ย Thr
        โดยช่วงของตำแหน่งวงกลมแต่ละวงนั้น จะต้องมีค่าฮิสโตแกรมที่มากกว่าค่า Thr
    นับผลรวมของจำนวนจุดภาพดำในขอบเขตของวงกลมแต่ละวง
    Skip to Next Node 0f StudentIDBox
}
```

**จบงาน**

โดยที่ FieldType คือ ประเภทของฟิลด์ข้อมูลที่กำลังสนใจ
HorHistogram[i] คือ ฮิสโตแกรมสำหรับนับจำนวนจุดภาพดำในแต่ละแถวสแกนของฟิลด์
Thr คือ ค่าเฉลี่ยความสูงของฮิสโตแกรม

### 3.4 โมเดลของฟิลด์คำตอบ

สำหรับการสร้างโมเดลของฟิลด์คำตอบจะมีความแตกต่างกันจาก 2 โมเดลแรกที่กล่าวมาในตอนต้น ทั้งนี้เนื่องจากฟิลด์คำตอบประกอบด้วยตัวเลือกคำตอบหลายข้อคำตอบ ดังนั้นก่อนที่จะสร้างโมเดลจำเป็นจะต้องทำการแยกหาตำแหน่งข้อสอบแต่ละข้อออกจากกันก่อน แล้วจึงทำการสร้างโมเดลของคำตอบแต่ละข้อ ในการทดลองสร้างโมเดลในครั้งนี้จะใช้ภาพตัวอย่างแบบฟอร์มข้อสอบประเภทที่ 1 ที่แสดงไว้ในภาพที่ 17

Copyright: Graduate School, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, (1997).

**การหาตำแหน่งของข้อสอบแต่ละข้อ** จากภาพที่ 17 เมื่อทำการพิจารณาโครงสร้างภายในของกรอบคำตอบด้วยสายตา จะเห็นว่าข้อสอบแต่ละข้อจะวางตัวในรูปแบบที่สามารถแยกเป็นแถวและคอลัมน์ได้อย่างชัดเจน ซึ่งเหมือนกันกับโครงสร้างแบบฟอร์มข้อสอบปรนัยทั่วไปที่มีข้อสอบจะเป็นแถวและคอลัมน์อย่างชัดเจนทั้งนี้ก็เพื่อความสะดวก และรวดเร็วในการตรวจโดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าการตรวจข้อสอบนั้นเป็นการตรวจโดยใช้เจ้าหน้าที่ ในการคำนวณหาตำแหน่งของข้อสอบแต่ละข้อ จะใช้หลักการของการโปรเจคชั่นทั้งในแนวตั้งและแนวนอน ซึ่งแบ่งขั้นตอนของการหาตำแหน่งข้อสอบออกเป็น 3 ขั้นตอนย่อย ดังนี้

1. การโปรเจคชั่นจุดภาพดำในแนวตั้งจะทำให้เราสามารถแบ่งจุดยอดของฮิสโตแกรมออกเป็นคอลัมน์

2. การโปรเจคชั่นจุดภาพดำในแนวนอนจะทำให้เราสามารถแบ่งจุดยอดของฮิสโตแกรมออกเป็นแถวของวงกลม และ

3. นำฮิสโตแกรมของแถวและคอลัมน์มาหาความสัมพันธ์กัน (Crossing) ก็จะได้ตำแหน่งของข้อสอบแต่ละข้อ ยกตัวอย่างเช่น จากตัวอย่างภาพที่ 17 พิจารณาเฉพาะฟิลด์คำตอบทำการโปรเจคชั้นจุดภาพดำในแนวตั้งและแนวนอน ผลการทดลองจะได้ดังภาพที่ 27 (ก) และ (ข) เมื่อนำจุดยอดของฮิสโตแกรมทั้งแนวนอน (15 Peaks) และแนวตั้ง (4 Peaks) มาหาความสัมพันธ์กัน (Crossing) จะได้จำนวนของตำแหน่งข้อสอบเป็น 15x4 = 60 นั้นคือในฟิลด์คำตอบของแบบฟอร์มกระดาษคำตอบประเภทนี้ มีจำนวนข้อสอบเท่ากับ 60 ข้อ

**การสร้างโมเดลของคำตอบ** ในตอนต้นของวิทยานิพนธ์ได้กล่าวถึงขอบเขตของวิทยานิพนธ์ไว้แล้วว่า วงกลมในกรอบคำตอบต้องวางตัวในแนวแกนนอน กล่าวคือ วงกลมในข้อสอบแต่ละข้อจะเรียงตัวจากซ้ายไปขวา ดังนั้นในการที่เราจะทำการแยกหาตำแหน่งของวงกลมแต่ละวง จะทำได้ก็ต้องใช้การโปรเจคชั่นกรอบข้อสอบแต่ละข้อในแนวตั้ง การแทนค่าตำแหน่งวงกลมในข้อสอบแต่ละข้อ ตำแหน่งวงกลมที่ 1, 2, 3, 4,… จะแทนด้วยอักษร 1, 2, 3, 4, … ตามลำดับ

ซึ่งจากผลการทดลองเพื่อแยกคอลัมน์ และแถวของข้อสอบที่ได้แสดงไว้ในภาพที่ 27 จะทำให้สามารถแยกตำแหน่งของกรอบข้อสอบแต่ละข้อออกมาได้โดยการนำตำแหน่งของฮิสโตแกรมแต่ละอันมาทำการ Crossing กัน ซึ่งผลของการกระทำจะทำให้แสดงไว้ในภาพที่ 28

Copyright: Graduate School, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, (1997).

**อัลกอริธึมที่ 9** การหาตำแหน่งข้อสอบและตำแหน่งวงกลมในฟิลด์คำตอบ

**เริ่มต้น**

```
while FieldType เป็นฟิลด์คำตอบ (AnswerBox) {
    - โปรเจคชั่นตามแนวตั้งเพื่อแบ่งตำแหน่งคอลัมน์ของข้อสอบ
    - โปรเจคชั่นตามแนวนอนเพื่อแบ่งแถวของข้อสอบ
    - นำคอลัมน์และแถวของข้อสอบมาครอสซิ่งกันเพื่อหาตำแหน่งของข้อสอบแต่ละโดยให้เก็บข้อมูล
      ที่เป็นตำแหน่งบนซ้าย (TopX,TopY) และ ล่างขวา (BottomX,BottomY)
    for k=โหนดตำแหน่งข้อสอบที่หนึ่ง TO โหนดตำแหน่งข้อสอบข้อสุดท้าย {
        นับจำนวนจุดภาพดำในขอบเขตของฟิลด์ที่กำลังพิจารณา โดยโปรเจคชั่นในแนวตั้ง เก็บใน
          ตัวแปร VerHistogram[j] เมื่อ j คือตำแหน่งคอลัมน์ที่สแกนนับจำนวนจุดภาพดำ
        หาค่าความสูงเฉลี่ยของฮิสโตแกรมทั้งหมดเพื่อใช้ตัดหาตำแหน่งวงกลมแต่ละวง (Thr)
        หาขอบเขตของตำแหน่งเริ่มต้นและสุดท้ายของวงกลมแต่ละวง โดยพิจารณาประกอบกับ
          ค่าเฉลี่ย Thr โดยช่วงของตำแหน่งวงกลมแต่ละวงนั้น จะต้องมีค่าฮิสโตแกรมที่มากกว่า
          ค่า Thr
        นับผลรวมของจำนวนจุดภาพดำในขอบเขตของวงกลมแต่ละวง
    }
}
```

**จบงาน**

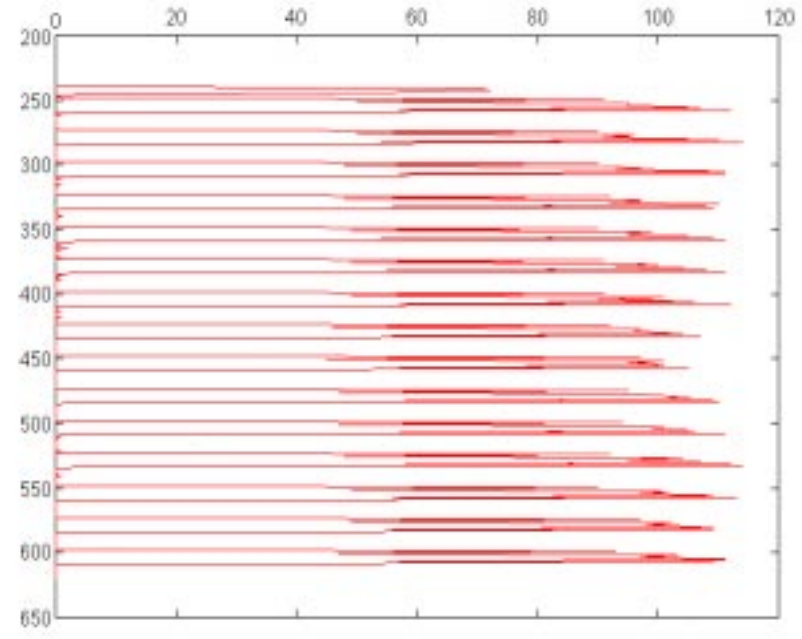
โดยที่ FieldType คือ ประเภทของฟิลด์ข้อมูลที่กำลังสนใจ

VerHistogram[j] คือ ฮิสโตแกรมสำหรับนับจำนวนจุดภาพดำในแต่ละคอลัมน์ของตำแหน่งข้อสอบแต่ละข้อ

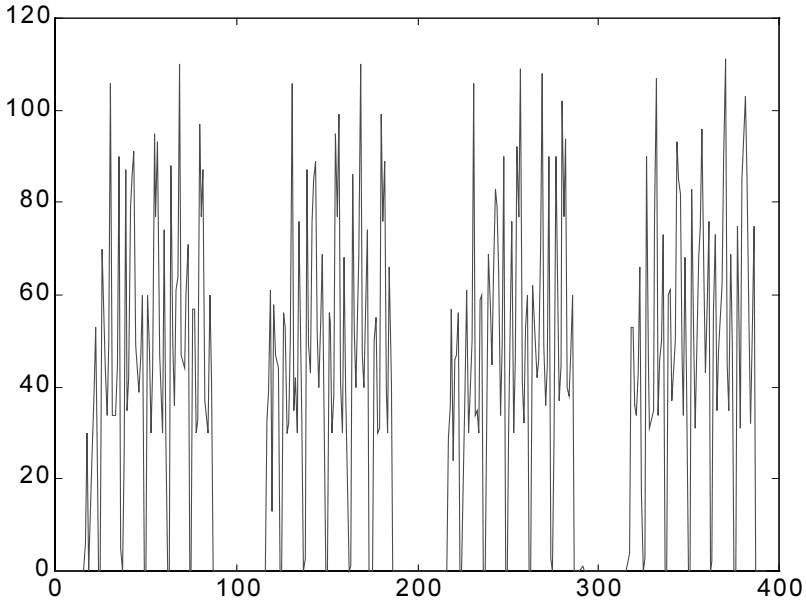
Thr คือ ค่าเฉลี่ยความสูงของฮิสโตแกรม

Copyright: Graduate School, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, (1997).

ภาพที่ 27




(ก)

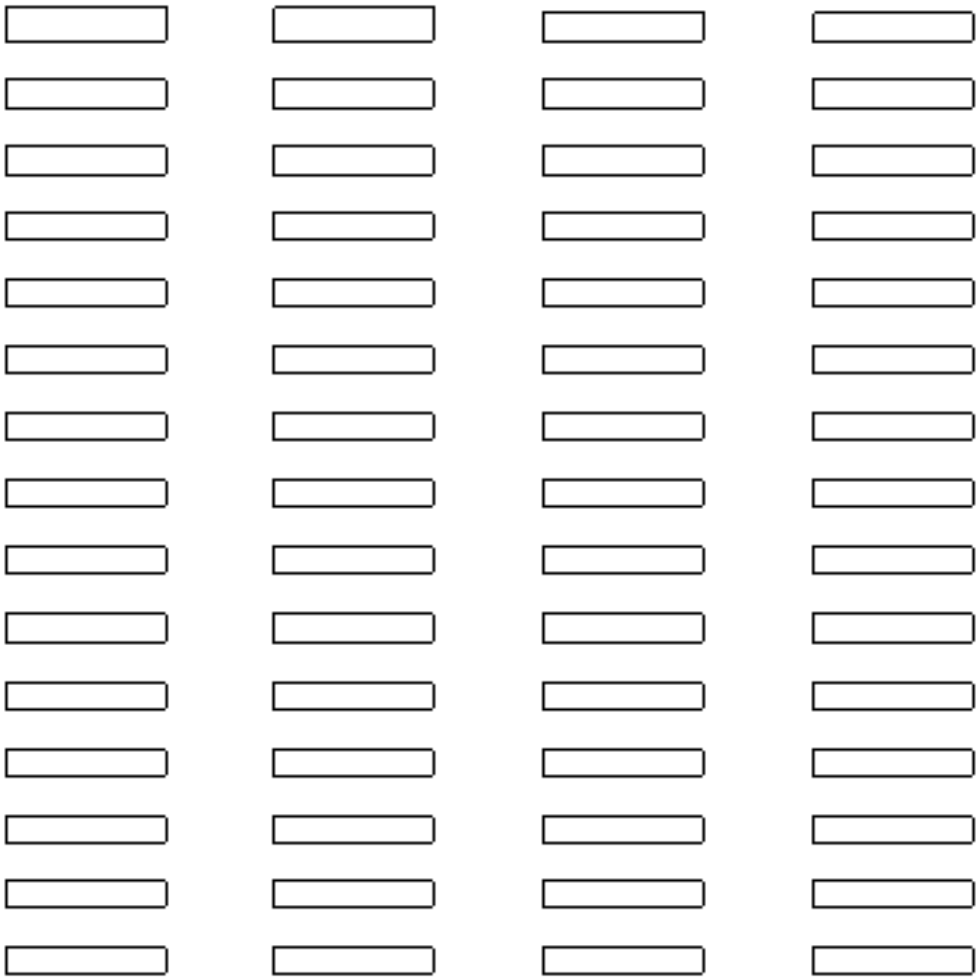



(ข)

(ก) การโปรเจคชั่นข้อสอบในแนวนอน (ข) การโปรเจคชั่นในแนวตั้ง

Copyright: Graduate School, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, (1997).

ภาพที่ 28



ตำแหน่งกรอบข้อสอบแต่ละจากการนำความสัมพันธ์ของการโปรเจคชั่น 2 แนวมาโอปะเรชั่นกัน

Copyright: Graduate School, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, (1997).

## ผลการทดลอง

### การหาเส้นตรงในภาพ

จากภาพที่ 17 ภาพเริ่มต้นที่จะใช้ในการสร้างโมเดลของแบบฟอร์มกระดาษคำตอบประเภทที่ 1 เมื่อทำการหาเส้นตรงในแนวตั้งและแนวนอน โดยแบ่งขั้นตอนการทำงานออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนแรกการหาเส้นตรงโดยใช้ Runlength โดยการสแกนทีละแถว และทีละคอลัมน์ จากนั้นใช้อัลกอริธึมการรวมเส้นตรงเพื่อขจัดเส้นตรงสองเส้นที่อยู่ติดกันให้เหลือเพียงเส้นเดียว ปรากฏได้ผลการทดลองแสดงไว้ในตารางที่ 7 และภาพของเส้นตรงแสดงไว้ในภาพที่ 29

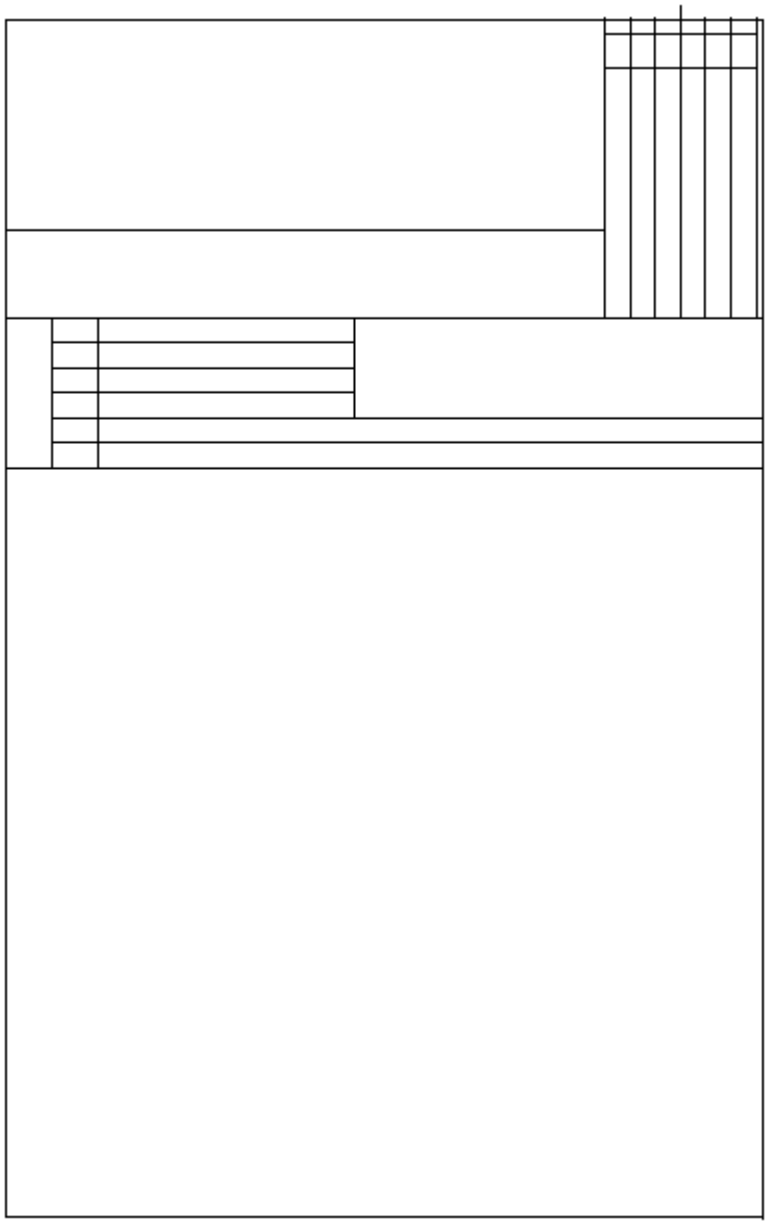
ตารางที่ 7

| เส้นตรงในแนวนอน | | | | เส้นตรงในแนวตั้ง | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| No. | BeginX | BeginY | LRun | No. | BeginX | BeginY | LRun |
| 1 | 10 | 19 | 379 | 1 | 10 | 19 | 599 |
| 2 | 309 | 26 | 77 | 2 | 33 | 168 | 76 |
| 3 | 309 | 43 | 77 | 3 | 56 | 168 | 76 |
| 4 | 10 | 124 | 300 | 4 | 184 | 168 | 51 |
| 5 | 10 | 168 | 379 | 5 | 309 | 18 | 151 |
| 6 | 33 | 180 | 152 | 6 | 322 | 18 | 151 |
| 7 | 33 | 193 | 152 | 7 | 334 | 18 | 151 |
| 8 | 33 | 205 | 152 | 8 | 347 | 12 | 157 |
| 9 | 33 | 218 | 356 | 9 | 359 | 18 | 151 |
| 10 | 33 | 230 | 356 | 10 | 372 | 18 | 151 |
| 11 | 10 | 243 | 379 | 11 | 385 | 18 | 151 |
| 12 | 10 | 617 | 379 | 12 | 388 | 19 | 600 |

เส้นตรงที่หาได้จากแบบฟอร์ม

Copyright: Graduate School, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, (1997).

ภาพที่ 29



เส้นตรงที่แยกออกจากภาพ

Copyright: Graduate School, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, (1997).

**ตำแหน่งจุดตัดในภาพ**

จากเส้นตรงในแนวนอน และแนวตั้งที่ปรากฏบนภาพแบบฟอร์มกระดาษคำตอบเพื่อสร้างโมเดล เมื่อนำมาหาตำแหน่งการตัดกันของเส้นตรงปรากฏผลการทดลองดังตารางที่ 8 ที่แสดงตำแหน่งจุดตัด X, Y และรูปแบบของการตัดกัน และแสดงภาพตำแหน่งของการตัดกันในภาพที่ 30 โดยค่าของรูปแบบการตัดกันมีความหมาย ดังนี้

| | | |
|---|---|---|
| 0 = cornerLT | 1 = cornerRT | 2 = cornerLB |
| 3 = cornerRB | 4 = topT | 5 = bottomT |
| 6 = leftT | 7 = rightT | 8 = cross |

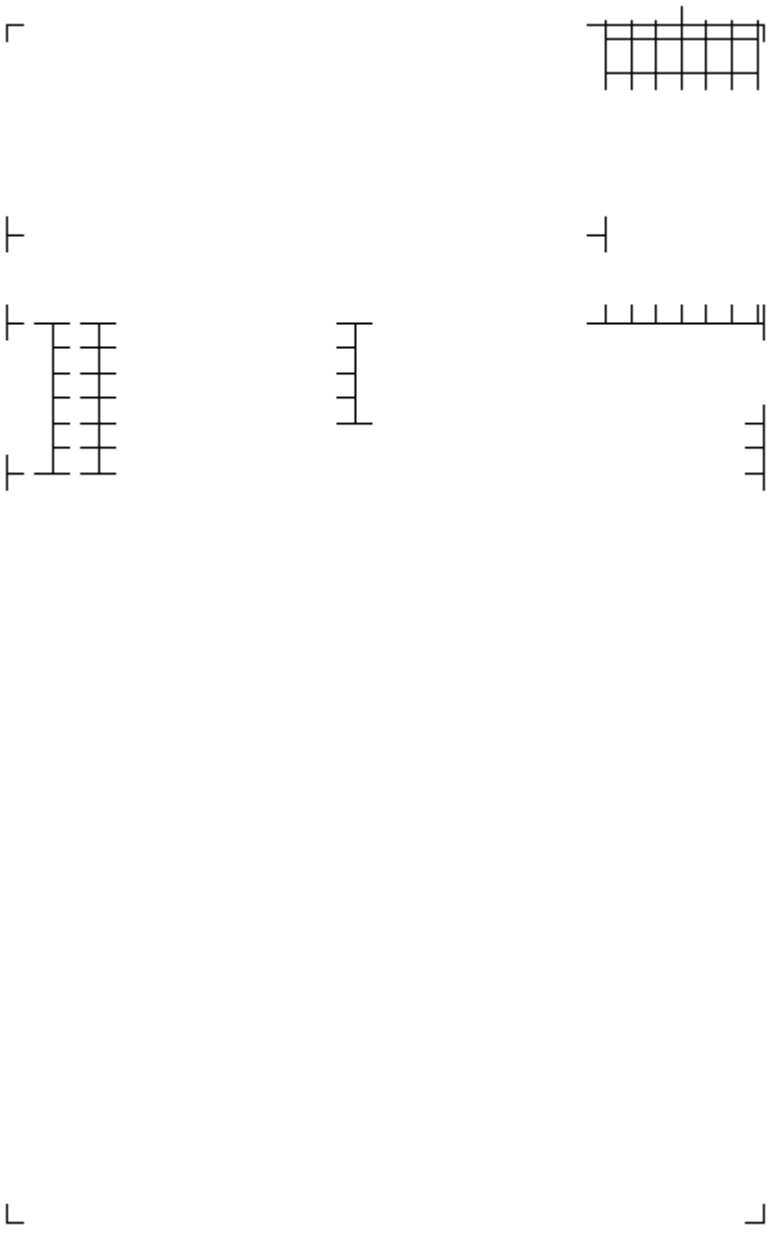
ตารางที่ 8

| Point | X | Y | CornerType | Point | X | Y | CornerType | Point | X | Y | CornerType |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 10 | 19 | 0 | 21 | 359 | 43 | 8 | 41 | 33 | 193 | 6 |
| 2 | 309 | 19 | 4 | 22 | 372 | 43 | 8 | 42 | 56 | 193 | 8 |
| 3 | 322 | 19 | 4 | 23 | 385 | 43 | 7 | 43 | 184 | 193 | 7 |
| 4 | 334 | 19 | 4 | 24 | 10 | 124 | 6 | 44 | 33 | 205 | 6 |
| 5 | 347 | 19 | 8 | 25 | 309 | 124 | 7 | 45 | 56 | 205 | 8 |
| 6 | 359 | 19 | 4 | 26 | 10 | 168 | 6 | 46 | 184 | 205 | 7 |
| 7 | 372 | 19 | 4 | 27 | 33 | 168 | 4 | 47 | 33 | 218 | 6 |
| 8 | 385 | 19 | 1 | 28 | 56 | 168 | 4 | 48 | 56 | 218 | 8 |
| 9 | 388 | 19 | 1 | 29 | 184 | 168 | 4 | 49 | 184 | 218 | 5 |
| 10 | 309 | 26 | 6 | 30 | 309 | 168 | 5 | 50 | 388 | 218 | 7 |
| 11 | 322 | 26 | 8 | 31 | 322 | 168 | 5 | 51 | 33 | 230 | 6 |
| 12 | 334 | 26 | 8 | 32 | 334 | 168 | 5 | 52 | 56 | 230 | 8 |
| 13 | 347 | 26 | 8 | 33 | 347 | 168 | 5 | 53 | 388 | 230 | 7 |
| 14 | 359 | 26 | 8 | 34 | 359 | 168 | 5 | 54 | 10 | 243 | 6 |
| 15 | 372 | 26 | 8 | 35 | 372 | 168 | 5 | 55 | 33 | 243 | 5 |
| 16 | 385 | 26 | 7 | 36 | 385 | 168 | 3 | 56 | 56 | 243 | 5 |
| 17 | 309 | 43 | 6 | 37 | 388 | 168 | 7 | 57 | 388 | 243 | 7 |
| 18 | 322 | 43 | 8 | 38 | 33 | 180 | 6 | 58 | 10 | 617 | 2 |
| 19 | 334 | 43 | 8 | 39 | 56 | 180 | 8 | 59 | 388 | 617 | 3 |
| 20 | 347 | 43 | 8 | 40 | 184 | 180 | 7 | | | | |

ตำแหน่งและรูปแบบการตัดกันของเส้นตรงทั้งหมดที่เป็นไปได้

Copyright: Graduate School, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, (1997).

ภาพที่ 30



ตำแหน่งจุดตัดในภาพ

Copyright: Graduate School, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, (1997).

**ฟิลด์ข้อมูล**

จากตำแหน่งการตัดกันของเส้นตรงใน 2 แนวนำมาสร้างกรอบข้อมูลรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า และกำหนดประเภทของแต่ละฟิลด์ให้เป็น 4 ประเภทตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้ และสำหรับฟิลด์ที่ต้องใช้งานให้กำหนดรูปแบบของข้อมูลที่อยู่ในแต่ละฟิลด์ด้วย ซึ่งผลของการสร้างฟิลด์แสดงไว้ในตารางที่ 9 แสดงตำแหน่งฟิลด์ทั้งหมดที่เป็นไปได้ในแบบฟอร์ม และภาพที่ 31 เป็นภาพของกรอบข้อมูลรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ซึ่งความหมายของแต่ละฟิลด์ และรูปแบบมีความหมาย ดังนี้

ประเภทของฟิลด์ 0 - ฟิลด์รหัสประจำตัวนักศึกษา 1 - ฟิลด์รหัสวิชา
2 - ฟิลด์คำตอบ 3 - ฟิลด์ที่ไม่สนใจพิจารณา

รูปแบบข้อมูล 0 - Character Format 1 - Numeric Format

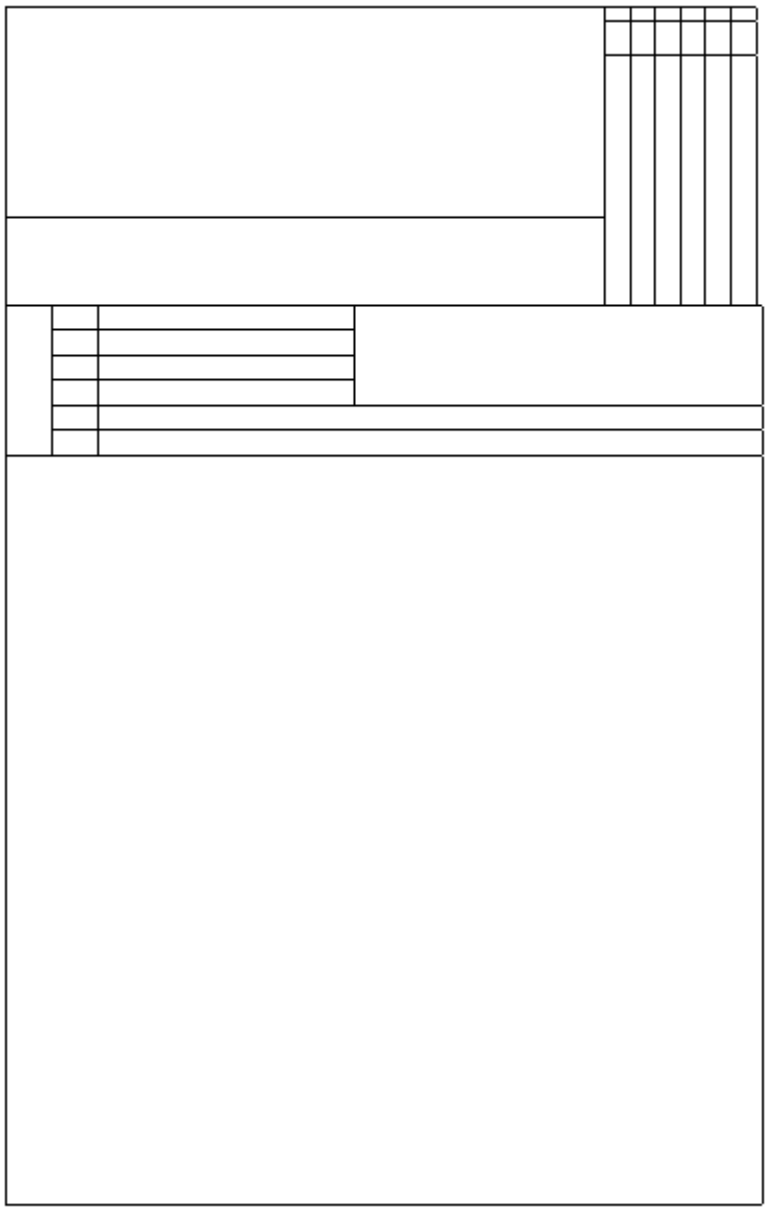
ตารางที่ 9

| TopX,TopY | BottX,BottY | TypeField | Format | TopX,TopY | BottX,BottY | TypeField | Format |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 19, 10 | 124, 309 | 3 | 0 | 43, 372 | 168, 385 | 0 | 1 |
| 19, 309 | 26, 322 | 3 | 0 | 124, 10 | 168, 309 | 3 | 0 |
| 19, 322 | 26, 334 | 3 | 0 | 168, 10 | 243, 33 | 3 | 0 |
| 19, 334 | 26, 347 | 3 | 0 | 168, 33 | 180, 56 | 3 | 0 |
| 19, 347 | 26, 359 | 3 | 0 | 168, 56 | 180, 184 | 1 | 1 |
| 19, 359 | 26, 372 | 3 | 0 | 168, 184 | 218, 388 | 3 | 0 |
| 19, 372 | 26, 385 | 3 | 0 | 180, 33 | 193, 56 | 3 | 0 |
| 26, 309 | 43, 322 | 3 | 0 | 180, 56 | 193, 184 | 1 | 1 |
| 26, 322 | 43, 334 | 3 | 0 | 193, 33 | 205, 56 | 3 | 0 |
| 26, 334 | 43, 347 | 3 | 0 | 193, 56 | 205, 184 | 1 | 1 |
| 26, 347 | 43, 359 | 3 | 0 | 205, 33 | 218, 56 | 3 | 0 |
| 26, 359 | 43, 372 | 3 | 0 | 205, 56 | 218, 184 | 1 | 1 |
| 26, 372 | 43, 385 | 3 | 0 | 218, 33 | 230, 56 | 3 | 0 |
| 43, 309 | 168, 322 | 0 | 1 | 218, 56 | 230, 388 | 1 | 0 |
| 43, 322 | 168, 334 | 0 | 1 | 230, 33 | 243, 56 | 3 | 0 |
| 43, 334 | 168, 347 | 0 | 1 | 230, 56 | 243, 388 | 1 | 0 |
| 43, 347 | 168, 359 | 0 | 1 | 243, 10 | 617, 388 | 2 | 0 |
| 43, 359 | 168, 372 | 0 | 1 | | | | |

ตำแหน่งของฟิลด์ทั้งหมดที่เป็นไปได้ในแบบฟอร์ม

Copyright: Graduate School, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, (1997).

ภาพที่ 31



กรอบฟิลด์ข้อมูลทั้งหมดที่เป็นไปได้

Copyright: Graduate School, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, (1997).

จากฟิลด์ทั้งหมดบนแบบฟอร์มเมื่อจะทำการสร้างโมเดล จะเลือกมาเฉพาะฟิลด์ประเภท 0, 1 และ 2 เท่านั้น ซึ่งแสดงไว้ในตารางที่ 10 และภาพที่ 32 ซึ่งพิจารณาจากภาพที่ 32 พบว่า

ฟิลด์รหัสประจำตัวผู้เข้าสอบ จะวางตัวในแนวตั้ง ดังนั้นการหาตำแหน่งของวงกลมในแต่ละฟิลด์ก็ต้องใช้การโปรเจคชั้นในแนวนอน

ฟิลด์รหัสวิชาและฟิลด์คำตอบ จะวางตัวในแนวนอน ดังนั้นการหาตำแหน่งของวงกลมในแต่ละฟิลด์ก็ต้องใช้การโปรเจคชั้นในแนวตั้ง

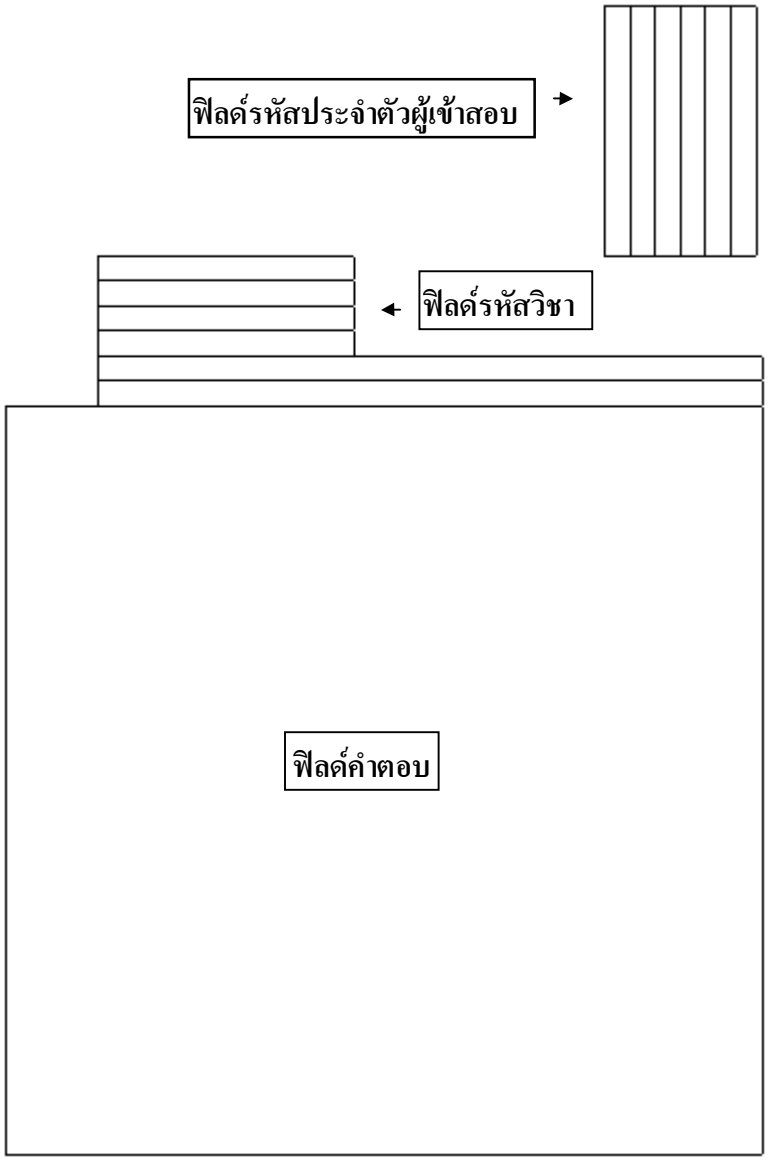
ตารางที่ 10

| TopX,TopY | BottX,BottY | TypeField | Format | TopX,TopY | BottX,BottY | TypeField | Format |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 43, 309 | 168, 322 | 0 | 1 | 180, 56 | 193, 184 | 1 | 1 |
| 43, 322 | 168, 334 | 0 | 1 | 193, 56 | 205, 184 | 1 | 1 |
| 43, 334 | 168, 347 | 0 | 1 | 205, 56 | 218, 184 | 1 | 1 |
| 43, 347 | 168, 359 | 0 | 1 | 218, 56 | 230, 388 | 1 | 0 |
| 43, 359 | 168, 372 | 0 | 1 | 230, 56 | 243, 388 | 1 | 0 |
| 43, 372 | 168, 385 | 0 | 1 | 243, 10 | 617, 388 | 2 | 0 |
| 168, 56 | 180, 184 | 1 | 1 | | | | |

ตำแหน่งฟิลด์ที่ต้องใช้ในระบบตรวจข้อสอบ

Copyright: Graduate School, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, (1997).

ภาพที่ 32




กรอบฟิลด์ข้อมูลที่จำเป็นต้องใช้ในการตรวจข้อสอบ

Copyright: Graduate School, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, (1997).

**ตำแหน่งข้อสอบแต่ละข้อ**

เมื่อสามารถแยกตำแหน่งของข้อสอบแต่ละข้อดังที่ได้แสดงไว้ในภาพที่ 28 ถ้านำตำแหน่งของข้อสอบแต่ละข้อมาทำการโปรเจคชั่นตามแนวตั้งซ้ำอีกครั้ง จะทำให้ได้ตำแหน่งและจำนวนจุดภาพดำของวงกลมแต่ละวง ซึ่งค่าเหล่านี้จะเก็บไว้เป็นโมเดลของฟิลด์คำตอบ ผลการทดลองของการหาตำแหน่งของวงกลมในข้อสอบแต่ละข้อจะแสดงไว้ในตารางที่ 11

ตารางที่ 11

| ข้อสอบ | วงกลมที่ 1 | วงกลมที่ 2 | วงกลมที่ 3 | วงกลมที่ 4 | วงกลมที่ 5 |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 22*, 32**. 50*** | 34, 45, 57 | 47, 58, 59 | 60, 70, 56 | 72, 82, 55 |
| 2 | 122, 134, 79 | 136, 146, 71 | 148, 159, 65 | 161, 171, 56 | 173, 182, 51 |
| 3 | 223, 234, 51 | 236, 246, 58 | 248, 259, 64 | 261, 271, 49 | 273, 283, 60 |
| 4 | 324, 334, 50 | 336, 347, 72 | 349, 359, 70 | 361, 373, 79 | 374, 384, 66 |
| 5 | 22, 32, 37 | 34, 45, 42 | 47, 58, 41 | 60, 70, 41 | 72, 82, 36 |
| 6 | 122, 134, 51 | 136, 146, 48 | 148, 159, 43 | 161, 171, 43 | 173, 182, 33 |
| 7 | 223, 234, 35 | 236, 246, 41 | 248, 259, 43 | 261, 271, 38 | 273, 283, 40 |
| 8 | 324, 334, 37 | 336, 347, 51 | 349, 359, 50 | 361, 373, 52 | 374, 384, 42 |
| 9 | 22, 32, 36 | 34, 45, 41 | 47, 58, 42 | 60, 70, 41 | 72, 82, 37 |
| 10 | 122, 134, 47 | 136, 146, 53 | 148, 159, 50 | 161, 171, 47 | 173, 182, 36 |
| \| | \| | \| | \| | \| | \| |
| 50 | 123, 134, 37 | 136, 146, 40 | 148, 159, 40 | 161, 171, 42 | 173, 182, 33 |
| 51 | 223, 234, 38 | 236, 246, 41 | 248, 259, 43 | 261, 271, 39 | 273, 283, 40 |
| 52 | 324, 335, 53 | 336, 348, 65 | 349, 360, 47 | 362, 373, 48 | 375, 384, 35 |
| 53 | 22, 33, 39 | 35, 45, 42 | 47, 58, 46 | 60, 70, 51 | 72, 82, 41 |
| 54 | 123, 134, 39 | 136, 146, 51 | 148, 159, 44 | 161, 171, 45 | 173, 182, 31 |
| 55 | 223, 234, 33 | 236, 246, 41 | 248, 259, 45 | 261, 272, 43 | 273, 283, 42 |
| 56 | 324, 335, 47 | 336, 348, 51 | 350, 360, 49 | 362, 373, 50 | 375, 384, 51 |
| 57 | 22, 33, 49 | 35, 45, 60 | 47, 58, 56 | 60, 70, 50 | 72, 82, 50 |
| 58 | 123, 134, 51 | 136, 146, 71 | 148, 159, 67 | 161, 171, 66 | 173, 182, 55 |
| 59 | 223, 234, 57 | 236, 246, 65 | 248, 259, 68 | 261, 272, 60 | 273, 283, 57 |
| 60 | 324, 335, 58 | 336, 348, 56 | 350, 360, 56 | 362, 373, 62 | 375, 384, 62 |

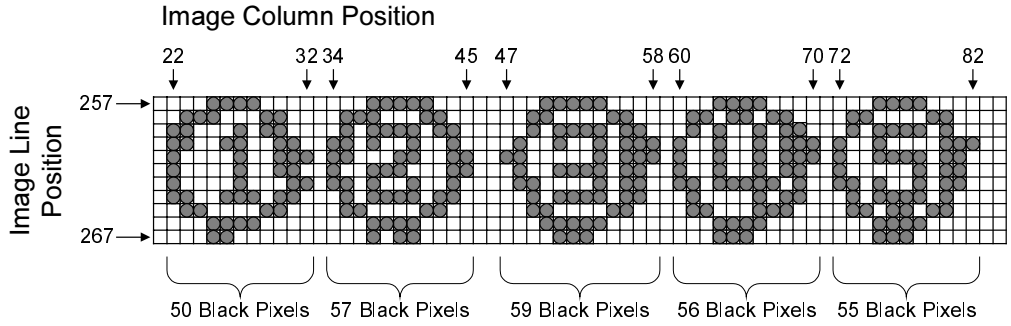
ลิสต์ของตำแหน่งคำตอบในขั้นตอนการสร้างโมเดลของแบบฟอร์มกระดาษคำตอบ

(* จุดเริ่มต้นของวงกลม) (**จุดสุดท้ายของวงกลม) (***จำนวนจุดภาพดำในวงกลม)

Copyright: Graduate School, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, (1997).

จากตารางที่ 11 ซึ่งเป็นตารางแสดงค่าตำแหน่งคอลัมน์เริ่มต้น ตำแหน่งคอลัมน์สุดท้าย และจำนวนจุดภาพของวงกลมแต่ละวงของข้อสอบทั้ง 60 ข้อ พิจารณาในข้อสอบข้อที่ 1 ในตำแหน่งของข้อสอบข้อนี้จะมีจุดเริ่มในแนวแกน Y ที่ 257 ถึง 267 หมายถึงว่า บรรทัดเริ่มต้นของข้อสอบข้อที่ 1 อยู่ที่บรรทัดภาพที่ 257 และยาวไปถึงบรรทัดภาพสุดท้ายบรรทัดที่ 267 เมื่อพิจารณาตำแหน่งของข้อสอบในแนวแกน X พบว่าข้อสอบข้อที่ 1 จะมีตำแหน่งเริ่มต้นที่คอลัมน์ 22 ถึงคอลัมน์ที่ 82 ดังนั้นในการจะหาตำแหน่งของวงกลมในข้อสอบแต่ละข้อจะต้องใช้การโปรเจคชั่นในแนวตั้ง ผลจากการโปรเจคชั่นจะทำให้ได้ตำแหน่ง และจำนวนจุดภาพดำที่เกิดขึ้นในวงกลมแต่ละวง โดยค่าในตารางที่ 11 นั้นจะเป็นค่าที่บอกว่าวงกลมแต่ละวงมีจุดเริ่มต้นที่คอลัมน์ใด แล้วไปจบสุดท้ายในคอลันน์ใด พร้อมกันนี้ยังรู้อีกว่าในแต่ละวงนั้นมีจำนวนจุดภาพดำกี่จุด ยกตัวอยางเช่น ในวงกลมที่ 1 ของข้อสอบข้อที่ 1 จะพบว่า เริ่มต้นที่คอลัมน์ 22 ถึง 32 มีจำนวนจุดภาพดำทั้งหมด 50 จุดภาพ เป็นต้น ดังตัวอย่างแสดงในภาพที่ 33

ภาพที่ 33




ตำแหน่งเริ่มต้น ตำแหน่งสุดท้าย และจำนวนจุดภาพดำของวงกลมในข้อสอบข้อที่ 1

## ฟอร์มไลบรารี

เนื่องจากในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นงานวิจัยภายใต้พื้นฐานหลักการพื้นฐานของการประมวลผลแบบฟอร์ม ซึ่งโดยทั่วไปแล้วงานวิจัยประเภทนี้จะต้องมีความเกี่ยวข้องกับฐานข้อมูลที่จำเป็นต่อการประมวลผลของแบบฟอร์มแต่ละประเภท ยกตัวอย่างเช่น ข้อมูลสำหรับการแยกประเภทแบบฟอร์ม ตำแหน่งและประเภทของแต่ละฟิลด์ของแบบฟอร์มแต่ละประเภท ตำแหน่งของข้อมูลที่อยู่ในแต่ละฟิลด์ เป็นต้น ซึ่งฐานข้อมูลในระบบประมวลผลแบบฟอร์ม เราจะเรียกชื่อเป็นพิเศษว่า “ฟอร์มไลบรารี” (Form Library) เพื่อให้เกิดความแตกต่างกับฐานข้อมูลประเภทอื่นๆ

Copyright: Graduate School, King Mongkut’s Institute of Technology Ladkrabang, (1997).

ในระบบตรวจข้อสอบปรนัยอัตโนมัติที่ใช้หลักการของการประมวลผลภาพที่นำเสนอในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ได้สร้างฟอร์มไลบรารีที่จำเป็นต้องใช้สำหรับการประมวลผลเพื่อทำการตรวจข้อสอบไว้ ดังนี้

1. ฐานข้อมูลสำหรับเก็บชื่อของประเภทแบบฟอร์ม ในฐานข้อมูลตัวนี้จะเก็บชื่อของแบบฟอร์มทั้งหมดที่เข้ามาเกี่ยวข้องในการทดลอง ดังนั้นในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ก็จะมีข้อมูลทั้งหมด 2 ระเบียน (Record)

Form1 : สำหรับแบบฟอร์มกระดาษคำตอบประเภทที่ 1 และ
Form2 : สำหรับแบบฟอร์มกระดาษคำตอบประเภทที่ 2

2. ฐานข้อมูลสำหรับแยกประเภทแบบฟอร์ม ในฐานข้อมูลตัวนี้จะเก็บตำแหน่ง และความยาวของของเส้นตรงในแนวนอนของแบบฟอร์มแต่ละประเภท นั้นคือ ในแบบฐานข้อมูลแต่ละตัว (แต่ละไฟล์) ซึ่งจะใช้เป็นตัวแทนของแบบฟอร์มแต่ละประเภทนั้น จะประกอบด้วยข้อมูลหลายระเบียนขึ้นกับจำนวนเส้นตรงที่ทำการแยกออกมาได้ ซึ่งสามารถเขียนแทนในรูปโครงสร้างข้อมูลแบบ struct ของภาษา c ได้ ดังนี้

```
typedef struct RunNode *RunPtr;
struct RunNode {
    int BegX;    // BeginX for each run-length
    int BegY;    // BeginY for each run-length
    int LRun;    // Run-Length
    RunPtr next;
}
```

จากโครงสร้างข้อมูลที่ผ่านมานอกจากจะสามารถใช้เก็บค่าข้อมูลเส้นตรงในแนวนอนแล้วยังสามารถใช้เก็บข้อมูลเส้นตรงในแนวแกนตั้งได้อีกด้วย

3. ฐานข้อมูลของการตัดกันของเส้นตรง ในฐานข้อมูลตัวนี้จะใช้เก็บตำแหน่งการตัดกันของเส้นตรง 2 แนวของแบบฟอร์มแต่ละประเภท ซึ่งจะประกอบด้วยข้อมูล ตำแหน่ง และรูปแบบของการตัดกัน สามารถเขียนในรูปโครงสร้างข้อมูลแบบ struct ของภาษา c ได้ ดังนี้

Copyright: Graduate School, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, (1997).

```
typedef struct Corner *CorPtr;
struct Corner {
    int X;              // Line-Cross Position in X-axis
    int Y;              // Line-Cross Position in Y-axis
    int Type;           // Line- Crossing Pattern from 9 type
    CorPtr next;
}
```

4. ฐานข้อมูลของฟิลด์ข้อมูล ในฐานข้อมูลนี้จะใช้เก็บข้อมูลของแต่ละฟิลด์ เช่น ตำแหน่ง ประเภท รูปแบบลำดับที่ก่อนหลังถ้าเป็นฟิลด์ประเภทเดียวกัน และจำนวนวงกลมในฟิลด์แต่ละฟิลด์ สามารถเขียนในรูปโครงสร้างข้อมูลแบบ struct ของภาษา c ได้ ดังนี้

```
typedef struct Area *AreaPtr;
struct Area {
    int TopX,TopY; // TopX and TopY Position
    int BotX,BotY;  // BottomX and BottomY Position
    int fieldType;     // Field Type such 0=StudentId : 1=Subject etc.
    int formatField;  // Field Format such 0=Character : 1=Integer
    int OrderPosition;     // Order Sequence for Same Field Type
    int NoCycle;      // Number Cycle for Each Field
    AreaPtr next;
}
```

5. ฐานข้อมูลของฟิลด์รหัสประจำตัวผู้เข้าสอบ ในฐานข้อมูลนี้จะใช้เก็บข้อมูลของฟิลด์รหัสประจำตัวผู้เข้าสอบทุกฟิลด์ ซึ่งได้กล่าวมาในตอนต้นของวิทยานิพนธ์ทราบว่า ในแต่ละฟิลด์นั้นจะประกอบด้วยวงกลมหลายๆ วง ดังนั้นข้อมูลที่จะใช้เก็บนั้นจะประกอบด้วย ตำแหน่งเริ่มต้นในแกน Y ตำแหน่งสุดท้ายในแกน Y และจำนวนจุดภาพดำในวงกลมแต่ละวง สามารถเขียนในรูปโครงสร้างข้อมูลแบบ struct ของภาษา c ได้ ดังนี้

Copyright: Graduate School, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, (1997).

```
typedef struct IdArea *IdPtr;
struct IdArea {
    int OrderPosition;     // Order Sequence for Same Field Type
    int Range;    // Range Of each Cycle
    int BegY;     // Begin Y Position
    int EndY;     // End Y Position
    int bPoint;   // Number of Black Pixel in each Cycle
    IdPtr next;
}
```

6. ฐานข้อมูลของฟิลด์รหัสวิชา ในฐานข้อมูลนี้จะใช้เก็บข้อมูลของฟิลด์รหัสวิชาทุกฟิลด์ ซึ่งได้กล่าวมาในตอนต้นของวิทยานิพนธ์ทราบว่า ในแต่ละฟิลด์นั้นจะประกอบด้วยวงกลมหลายๆ วง ดังนั้นข้อมูลที่จะใช้เก็บนั้นจะประกอบด้วย ตำแหน่งเริ่มต้นในแกน X ตำแหน่งสุดท้ายในแกน X และจำนวนจุดภาพดำในวงกลมแต่ละวง สามารถเขียนในรูปโครงสร้างข้อมูลแบบ struct ของภาษา c ได้ ดังนี้

```
typedef struct SubjectArea *SubPtr;
struct SubjectArea {
    int OrderPosition;     // Order Sequence for Same Field Type
    int Range;    // Range Of each Cycle
    int BegX;     // Begin X Position
    int EndX;     // End Y Position
    int bPoint;   // Number of Black Pixel in each Cycle
    SubPtr next;
}
```

Copyright: Graduate School, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, (1997).

7. ฐานข้อมูลของฟิลด์คำตอบ ในฐานข้อมูลของฟิลด์คำตอบ จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ฐานข้อมูลของตำแหน่งข้อสอบแต่ละข้อ และฐานข้อมูลของตำแหน่งวงกลมแต่ละวงในข้อสอบแต่ละข้อ

7.1 ฐานข้อมูลของตำแหน่งข้อสอบแต่ละข้อ ในฐานข้อมูลของตำแหน่งข้อสอบแต่ละข้อ สิ่งที่จำเป็นที่จะใช้เก็บจะประกอบด้วย ตำแหน่งจุดมุมบนซ้าย และตำแหน่งจุดมุมล่างซ้าย สามารถเขียนในรูปโครงสร้างข้อมูลแบบ struct ของภาษา c ได้ ดังนี้

```
typedef struct Choice *ChoicePtr;
struct Choice {
    int BegX,BegY; // TopX and TopY Position
    int EndX,EndY; // BottomX and BottomY Position
    ChoicePtr next;
}
```

7.2 ฐานข้อมูลของตำแหน่งวงกลมแต่ละวงในข้อสอบแต่ละข้อ ในฐานข้อมูลของตำแหน่งวงกลมในตำแหน่งข้อสอบแต่ละข้อ จะประกอบด้วยข้อมูลของตำแหน่งวงกลม และจำนวนจุดภาพดำในวงกลมแต่ละวง สามารถเขียนในรูปโครงสร้างข้อมูลแบบ struct ของภาษา c ได้ ดังนี้

```
typedef struct Answer *APtr;
struct Answer {
    int OrderPosition;     // Sequence of Answer Record
    int Range;    // Range Of each Cycle
    int BegX;     // Begin X Position
    int EndX;     // End Y Position
    int bPoint;   // Number of Black Pixel in each Cycle
    APtr next;
}
```

Copyright: Graduate School, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, (1997).

## สรุป

เนื้อหาของวิทยานิพนธ์ในบทนี้ได้กล่าวถึง ขั้นตอนในการสร้างโมเดลของแบบฟอร์มกระดาษคำตอบปรนัยที่สแกนเข้ามา โดยขั้นตอนการทำงานเริ่มจากการจำแนกประเภทของแบบฟอร์มโดยใช้เส้นตรงในแนวนอน จากนั้นจะทำการวิเคราะห์หาโครงสร้างภายในของแบบฟอร์มเพื่อทำการสร้างโมเดล โดยเริ่มจากการหากรอบข้อมูลรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่เกิดจากการตัดกันของเส้นตรงในแนวแกนตั้งและแกนนอน ซึ่งบางครั้งเราจะเรียกกรอบข้อมูลเหล่านั้นว่าเป็นฟิลด์ จากนั้นแบ่งฟิลด์ข้อมูลเหล่านั้นออกเป็น 4 ประเภทที่ผู้กำหนดโดยผู้ใช้ดังนี้ ฟิลด์รหัสประจำตัวผู้เข้าสอบ ฟิลด์รหัสวิชา ฟิลด์คำตอบ และฟิลด์ที่ไม่สนใจพิจารณา โดยข้อมูลที่เก็บอยู่ในฟิลด์ 3 ประเภทแรกเป็นวงกลมหลายๆ วง ดังนั้นเราจึงจะประยุกต์ใช้หลักการของการโปรเจคชั่นเป็นเครื่องมือสำหรับทำการแยกตำแหน่งของวงกลมแต่ละวง โดยข้อมูลที่เราต้องการในวงกลมแต่ละวงก็ประกอบด้วย ตำแหน่งเริ่มต้น ตำแหน่งสุดท้าย และจำนวนจุดภาพดำในวงกลมแต่ละวง ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะเก็บเป็นโมเดลของแบบฟอร์มไว้ในฟอร์มไลบรารีเพื่อการทำงานในขั้นตอนของการสร้างฐานข้อมูลส่วนผลเฉลยคำตอบ และการตรวจข้อสอบ ซึ่งจะกล่าวในบทถัดไป

Copyright: Graduate School, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, (1997).

# บทที่ 4

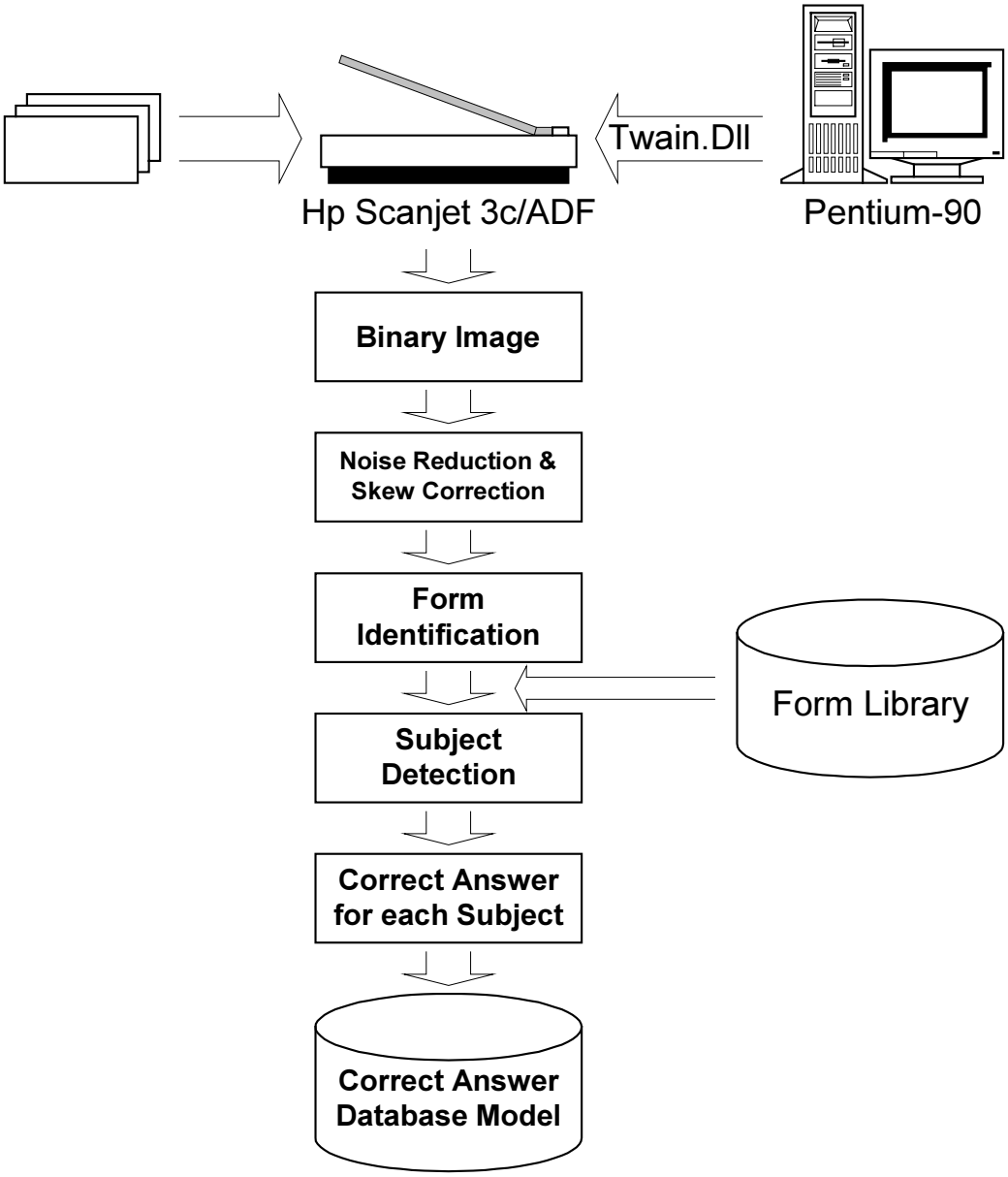
# การสร้างฐานข้อมูลส่วนผลเฉลยคำตอบ

หลังจากการสร้างโมเดลแบบฟอร์มกระดาษคำตอบแต่ละประเภทในฟอร์มไลบรารี ตอนนี้คอมพิวเตอร์เข้าใจแล้วว่าแต่ละแบบฟอร์มมีข้อมูลที่สำคัญที่ต้องไปอ่านมาเพื่อทำการประมวลผลอยู่ในตำแหน่งใดบนหน้ากระดาษ ดังนั้นในวิทยานิพนธ์บทนี้จะได้กล่าวถึงหลักการสำหรับการสร้างฐานข้อมูลของส่วนผลเฉลยคำตอบ เพื่อเพิ่มเติมความรู้ให้กับคอมพิวเตอร์ในส่วนของผลเฉลยคำตอบของแต่ละรหัสวิชา เมื่อจบจากขั้นตอนนี้จะทำให้คอมพิวเตอร์พร้อมที่จะทำการตรวจข้อสอบปรนัย ซึ่งจะได้กล่าวถึงในบทถัดไปของวิทยานิพนธ์

**หลักการที่นำเสนอ** การสร้างฐานข้อมูลส่วนผลเฉลยคำตอบของระบบตรวจข้อสอบปรนัยจะเป็นขั้นตอนที่ทำต่อเนื่องจากการสร้างโมเดลของแบบฟอร์มกระดาษคำตอบ หรืออาจกล่าวได้ว่าการตรวจข้อสอบหรือการสร้างผลเฉลยของรายวิชาต่างๆ จะต้องมีแบบฟอร์มประเภทใดประเภทหนึ่งรองรับเสียก่อน ในการสร้างฐานข้อมูลส่วนผลเฉลยคำตอบจะแบ่งขั้นตอนการทำงานออกเป็นขั้นตอนย่อยๆ ได้ 5 ขั้นตอน ดังนี้ ขั้นตอนแรกเป็นการสแกนภาพของผลเฉลยและการประมวลผลขั้นต้น ซึ่งได้กล่าวไว้แล้วในบทที่ 2 ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขั้นตอนที่ 2 เป็นการจำแนกประเภทของแบบฟอร์มกระดาษคำตอบ โดยใช้เส้นตรงในแกนนอนเป็นพารามิเตอร์ในการจำแนกประเภทแบบฟอร์ม ขั้นตอนที่ 3 จากประเภทของแบบฟอร์มฯ สร้างโปรแกรมสำหรับอ่านข้อมูลที่สำคัญของแบบฟอร์มนั้นๆ ที่เกี่ยวข้องกับการประมวลผล เช่น ตำแหน่งของฟิลด์ข้อมูลประเภทต่างๆ และตำแหน่งของข้อสอบแต่ละข้อที่อยู่ในฟิลด์คำตอบ ซึ่งได้กล่าวถึงแล้วในบทที่ 3 ของวิทยานิพนธ์ ขั้นตอนที่ 4 วิเคราะห์หาอักขระของรหัสวิชา โดยการนับจำนวนจุดภาพดำในวงกลมแต่ละวงของฟิลด์รหัสวิชา และขั้นตอนสุดท้ายเป็นการสร้างฐานข้อมูลส่วนผลเฉลยคำตอบของรหัสวิชานั้น โดยการนับจำนวนจุดภาพดำในวงกลมแต่ละวงของข้อสอบแต่ละข้อ จากนั้นเลือกวงกลมที่มีจำนวนจุดภาพดำสูงสุดเป็นผลเฉลยคำตอบ ซึ่งภาพรวมของขั้นตอนการประมวลผลจะแสดงในภาพที่ 34

Copyright: Graduate School, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, (1997).

ภาพที่ 34




ขั้นตอนการสร้างฐานข้อมูลส่วนผลเฉลยคำตอบ

Copyright: Graduate School, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, (1997).

## การวิเคราะห์หารหัสวิชา

จากโมเดลของฟิลด์รหัสวิชาที่สร้างไว้ในขั้นตอนการสร้างโมเดลฯ พบว่ารหัสวิชาที่ตั้งขึ้นสำหรับการเรียนการสอนโดยทั่วไปจะประกอบด้วยจำนวนอักขระมากกว่า 1 ตัว ดังนั้นจะต้องวิเคราะห์หาอักขระของรหัสวิชาที่ละตัวจากฟิลด์ที่ถูกกำหนดให้เป็นฟิลด์รหัสวิชาทุกฟิลด์

**หลักการที่นำเสนอ** พิจารณาทุกๆ ฟิดล์รหัสวิชา จากขั้นตอนการสร้างโมเดลของแบบฟอร์มกระดาษคำตอบเราได้ตำแหน่งของวงกลมแต่ละวงในแต่ละฟิลด์ที่เก็บไว้ในลิสต์ จากนั้นเราสร้างลิสต์ขึ้นมาใหม่อีกหนึ่งลิสต์เพื่อนับจำนวนจุดภาพดำในวงกลมแต่ละวงจากภาพของผลเฉลยคำตอบ จากนั้นก็จะนำจำนวนจุดภาพดำเหล่านั้นไปทำการวิเคราะห์หารหัสวิชา โดยให้พิจารณาดังนี้ ในลิสต์ของวงกลมในแต่ละฟิลด์ให้ทำการเปรียบเทียบกันเองว่าจำนวนจุดภาพดำในวงใดมีจำนวนมากที่สุด ก็ให้เก็บค่าตำแหน่งนั้นไว้ แล้วนำไปเปรียบเทียบกับตารางเปรียบเทียบ (Lookup Table) เพื่อที่จะเปลี่ยนค่านั้นออกมาเป็นตัวอักขระ (ASCII) สำหรับเป็นตัวแทนของฟิลด์นั้น โดยการแทนตำแหน่งวงกลมก็ให้พิจารณาว่าฟิลด์นั้นเป็นฟิลด์ประเภทใดระหว่าง ฟิลด์ของตัวอักษร (A..Z) กับฟิลด์ของตัวเลข (0..9) ซึ่งถ้าเป็นฟิลด์ของตัวอักษรก็ให้แทนตำแหน่งวงกลมที่ 1,2,3,…,26 ด้วยตัวอักขระ A,B,C,…,Z ตามลำดับ แต่ถ้าเป็นฟิลด์ของตัวเลขให้แทนตำแหน่งวงกลมที่ 1,2,3,…,10 ด้วยตัวอักขระ 0,1,2,…,9 ตามลำดับ ทำไปเช่นนี้ให้ครบทุกฟิลด์รหัสวิชา และขั้นตอนสุดท้ายในการวิเคราะห์หารหัสวิชาก็คือการนำอักขระที่ได้จากการแปลงของแต่ละฟิลด์มาเรียงลำดับเพื่อรวมเป็นรหัสวิชา สำหรับหลักการที่นำเสนอในการเรียงลำดับฟิลด์รหัสวิชาก็คือ การกำหนดให้ฟิลด์ที่ตำแหน่งจุดมุมบนซ้ายมากที่สุดเป็นฟิลด์ลำดับที่หนึ่ง ส่วนฟิลด์ที่ตำแหน่งจุดมุมบนซ้ายรองลงมาก็จะเป็นฟิดล์ลำดับที่ 2, 3,… ตามลำดับ

Copyright: Graduate School, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, (1997).

**อัลกอริธึมที่ 10** การวิเคราะห์หารหัสวิชาจากฟอร์มที่สแกนเข้ามา

**เริ่มต้น**

while FieldType เป็นฟิลด์รหัสวิชา (SubjectBox) {

for each Field {

1. นับจำนวนจุดภาพดำในวงกลมแต่ละวง
2. เปรียบเทียบหาตำแหน่งวงกลมที่มีจำนวนจุดภาพดำมากที่สุด(Max) และมากที่สุดอันดับ 2 (Max_2)
3. ถ้าจำนวนจุดภาพในวงกลมตำแหน่ง Max และ Max_2 ต่างกันน้อยกว่า 15 ให้แสดงว่าเกิดความผิดพลาดในการสร้างรหัสวิชา และ จบงาน
4. พิจารณาเพื่อแปลงค่าตำแหน่งวงกลมเป็นอักขระ (ASCII)
   - 4.1 ถ้าเป็นฟิลด์ประเภทวงกลมของตัวอักษรให้แทนตำแหน่งวงกลมที่ 1,2,…,26 ด้วยอักขระในภาษาอังกฤษ A,B,…,Z ตามลำดับ
   - 4.2 ถ้าเป็นฟิลด์ประเภทวงกลมของตัวเลขให้แทนตำแหน่งวงกลมที่ 1,2,…,10 ด้วยอักขระ 0,1,…,9 ตามลำดับ

} // end for

} //endWhile

5. นำอักขระที่วิเคราะห์ได้มาเรียงลำดับเพื่อสร้างเป็นรหัสวิชา

**จบงาน**

โดยที่ FieldType คือ ประเภทของฟิลด์ข้อมูลที่กำลังสนใจ

Max คือ ตำแหน่งวงกลมที่มีจำนวนจุดภาพดำมากที่สุดในแต่ละฟิลด์

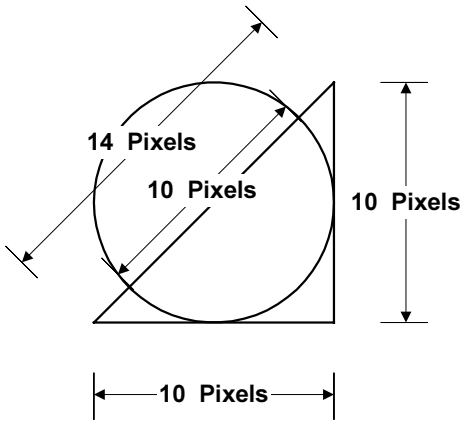
Max_2 คือ ตำแหน่งวงกลมที่มีจำนวนจุดภาพดำมากที่สุดอันดับที่ 2 ในแต่ละฟิลด์

จากอัลกอริธึมที่ 10 ในขั้นตอนที่ 3 ที่กำหนดไว้ว่า “จำนวนจุดภาพในวงกลมตำแหน่ง Max และ Max_2 ต่างกันน้อยกว่า 15” สำหรับค่าตัวเลข 15 นี้หาได้เนื่องมาจาก ขนาดวงกลมโดยส่วนใหญ่ที่ใช้ในการทดลองนี้เมื่อนับขนาดของจุดภาพแล้ว จะพบว่าวงกลมส่วนใหญ่จะเป็นวงกลมที่มีขนาด 10 x 10 จุดภาพ นั้นคือ เส้นทแยงมุมของกรอบสี่เหลี่ยมยาว 14 จุดภาพ ($\sqrt{200}$) แต่ถ้าพิจารณาในกรณีหนึ่งที่เป็นไปได้ คือถ้าผู้เข้าสอบคนหนึ่งทำการกากบาทในวงกลมที่เขาต้องการเลือกด้วยความระมัดโดยการกากบาทให้อยู่ในขอบเขตของวงกลม และเขาพยายามให้ขนาดของเครื่องหมายกากบาทมีความหนาเพียง 1 จุดภาพ นั้นคือ จะทำให้เราได้จุดดำของเส้นตรงในแนวทแยงมุม 2 เส้นจำนวน 20 จุดภาพ แต่โดยทั่วไปแล้วในวงกลมเดิมก่อนกากบาทจะมีจุดภาพดำของข้อมูลอื่นอยู่แล้ว เพราะฉะนั้นการกากบาททับลงไปก็อาจทับตำแหน่งจุดภาพดำเก่าอยู่บ้าง

Copyright: Graduate School, King Mongkut’s Institute of Technology Ladkrabang, (1997).

ซึ่งโดยเฉลี่ยแล้วรอยกากบาทอาจทับตำแหน่งเดิมประมาณ 5 จุดภาพ ดังนั้น ผลต่างระหว่างวงกลมที่มาการกากบาทกับวงกลมที่ไม่ได้กากบาทก็จะมีประมาณอย่างน้อย 15 จุดภาพ ให้พิจารณาภาพที่ 35 ประกอบ

ภาพที่ 35




วงกลมขนาด 10 x 10 จุดภาพ

## การสร้างฐานข้อมูลส่วนผลเฉลยคำตอบ

สำหรับการสร้างฐานข้อมูลส่วนผลเฉลยคำตอบของแต่ละรายวิชาที่นำเสนอในวิทยานิพนธ์นี้ จะเริ่มจากลิสต์ของตำแหน่งข้อสอบแต่ละข้อ และตำแหน่งของวงกลมแต่ละวงที่อ่านออกมาจากฟอร์มไลบรารี ให้สร้างลิสต์ข้อมูลที่สามารถบรรยายถึงความสัมพันธ์ของตำแหน่งหรือเลขลำดับข้อสอบและตำแหน่งวงกลมที่เป็นผลเฉลยคำตอบ ซึ่งจำนวนของลิสต์ข้อมูลที่สร้างขึ้นมาใหม่ก็จะต้องเท่ากับจำนวนข้อสอบที่มีอยู่ในหน้ากระดาษนั้น จากนั้นก็ให้นับจำนวนจุดภาพดำในวงกลมแต่ละวงจากตำแหน่งข้อสอบแต่ละข้อ แล้วเลือกตำแหน่งวงกลมที่ให้จำนวนจุดดำมากที่สุดเป็นฐานข้อมูลส่วนผลเฉลยคำตอบของข้อสอบข้อนั้นๆ ดังแสดงขั้นตอนการทำงานในอัลกอริธึมที่ 11

Copyright: Graduate School, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, (1997).

**อัลกอริธึมที่ 11** การสร้างฐานข้อมูลส่วนผลเฉลยคำตอบ

**เริ่มต้น**

```
while FieldType เป็นฟิลด์คำตอบ (AnswerBox) {
    for each Answer Record {
        1. นับจำนวนจุดภาพดำในวงกลมแต่ละวง
        2. เปรียบเทียบหาตำแหน่งวงกลมที่มีจำนวนจุดภาพดำสูงสุด (Max) และ
           สูงสุดลำดับที่ 2 (Max_2)
        3. ถ้าจำนวนจุดภาพในวงกลมตำแหน่ง Max และ Max_2 ต่างกันน้อยกว่า 15
           ให้แสดงว่าเกิดความผิดพลาดในการสร้างฐานข้อมูลฯ และ จบงานเพื่อให้ผู้ใช้
           สร้างผลเฉลยที่มีความสมบูรณ์และถูกต้องเข้ามาใหม่
        4. กำหนดตำแหน่ง Max เป็นผลเฉลยของข้อสอบข้อนั้นๆ
    } // end for
} //endWhile
```

**จบงาน**

โดยที่ FieldType คือ ประเภทของฟิลด์ข้อมูลที่กำลังสนใจ

Answer Record คือ ตำแหน่งของข้อสอบแต่ละข้อในฟิลด์คำตอบ

Max คือ ตำแหน่งวงกลมที่มีจำนวนจุดภาพดำมากที่สุดในแต่ละข้อ

Max_2 คือ ตำแหน่งวงกลมที่มีจำนวนจุดภาพดำมากที่สุดอันดับที่ 2 ในแต่ละข้อ

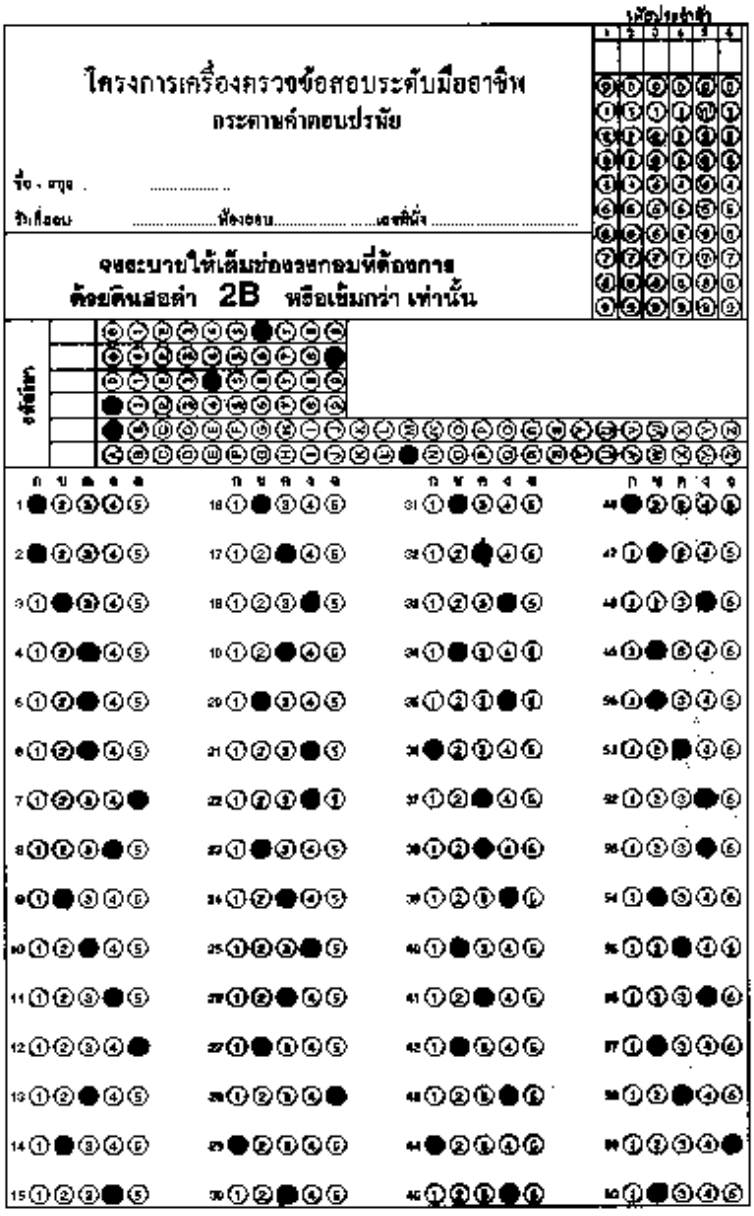
ในการสร้างฐานข้อมูลของส่วนผลเฉลยคำตอบที่นำเสนอในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ กำหนดไว้ว่าต้องเป็นการทำข้อสอบในข้อคำตอบ จะไม่เลือกทำเป็นบางส่วน เช่น ในข้อสอบ 60 ข้อ จะต้องทำข้อสอบให้ครบ 60 ข้อ การเลือกทำข้อสอบเพียงบางส่วนของฟิลด์คำตอบนั้นยังไม่ได้กำหนดเป็นเงื่อนไขในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

Copyright: Graduate School, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, (1997).

**ผลการทดลอง**

ในการทดลองสร้างผลเฉลยคำตอบได้ใช้ภาพที่ 36 เป็นภาพสำหรับสร้างผลการทดลอง ซึ่งภาพนี้จะสังเกตเห็นว่าในฟิลด์รหัสวิชา และฟิลด์คำตอบจะมีการระบาย เพื่อสร้างรหัสวิชา และตำแหน่งของผลเฉลยในวิชานั้น ตามลำดับ

ภาพที่ 36




ภาพแบบฟอร์มข้อสอบประเภทที่ 1 ที่ใช้สำหรับสร้างผลเฉลยคำตอบ

Copyright: Graduate School, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, (1997).

จากที่ได้กล่าวมาในตอนต้นของวิทยานิพนธ์บทนี้ ขั้นตอนในการประมวลผลจะต้องเริ่มจากการหาประเภทของแบบฟอร์มกระดาษคำตอบ โดยใช้เส้นตรงในแนวนอนที่ปรากฏในภาพ ดังนั้นขั้นตอนแรกที่ต้อง คือ การหาตำแหน่งเส้นตรงในแนวนอนจากภาพ ซึ่งผลปรากฏออกมาตามตารางที่ 12 มีจำนวนเส้นตรงทั้งหมด 12 เส้น และเมื่อนำไปเทียบกับข้อมูลในฟอร์มไลบรารีปรากฏว่าได้คำตอบเป็นแบบฟอร์มกระดาษคำตอบประเภทที่ 1 แต่เมื่อพิจารณาค่าของตำแหน่งเส้นตรงจะเห็นว่า ตำแหน่งของเส้นตรงจากภาพอินพุต กับข้อมูลในฟอร์มไลบรารีไม่ตรงกัน เช่น

ในเส้นตรงที่ 1 จากฟอร์มไลบรารี มีตำแหน่งจุดเริ่มต้น (X,Y) ที่ 10, 19 ความยาว 379
ในเส้นตรงที่ 1 จากภาพอินพุต มีตำแหน่งจุดเริ่มต้น (X,Y) ที่ 17, 22 ความยาว 379

นั้นคือภาพที่อินพุตเข้ามาจะมีการย้ายตำแหน่งของจุดภาพ (Pixel translation) จากข้อมูลในฟอร์มไลบรารีไปเท่ากับ 7,3 จุดภาพ ซึ่งค่าการย้ายตำแหน่งของจุดภาพนี้จะพิจารณาจากตำแหน่งจุดเริ่มต้นของเส้นตรงในแนวแกนนอนระหว่างข้อมูลจากฟอร์มไลบรารี กับข้อมูลจากภาพอินพุต โดยเส้นตรงที่เลือกมาหาค่าการย้ายตำแหน่งของจุดภาพนั้นจะต้องเป็นเส้นตรงที่มีความยาวเท่ากัน จากค่าการย้ายตำแหน่งของจุดภาพนี้จะมีประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับการไปอ่านข้อมูลจากภาพอินพุต กล่าวคือ เมื่อจะไปอ่านข้อมูลออกจากฟิลด์ทุกฟิลด์จะต้องทำการบวกไปเท่ากับค่าการย้ายตำแหน่งของจุดภาพ จึงจะทำให้ได้ค่าที่ถูกต้อง และสามารถนำไปใช้งานได้จริง

ตารางที่ 12

| เส้นตรงในแนวนอน | | | | เส้นตรงในแนวนอน | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| No. | BeginX | BeginY | LRun | No. | BeginX | BeginY | LRun |
| 1 | 17 | 22 | 379 | 7 | 40 | 196 | 152 |
| 2 | 318 | 29 | 77 | 8 | 40 | 208 | 152 |
| 3 | 318 | 46 | 77 | 9 | 40 | 221 | 356 |
| 4 | 17 | 127 | 300 | 10 | 40 | 233 | 356 |
| 5 | 17 | 171 | 379 | 11 | 17 | 246 | 379 |
| 6 | 40 | 183 | 152 | 12 | 17 | 620 | 379 |

ตำแหน่งเส้นตรงในแนวนอนที่ตรวจจับได้จากภาพผลเฉลยคำตอบ

Copyright: Graduate School, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, (1997).

เมื่อทำการแยกประเภทแบบฟอร์มได้แล้ว ขั้นตอนถัดไปคือการวิเคราะห์หารหัสวิชาจากฟิลด์ที่กำหนดไว้ใหเป็นฟิลด์รหัสวิชา จากตารางที่ 13 จะแสดงให้เห็นว่าในแต่ละฟิลด์รหัสวิชาจะมีวงอยู่ภายใน 2 รูปแบบ คือ รูปแบบตัวอักษร และรูปแบบตัวเลข ซึ่งในฟิลด์ที่ 1 และ 2 เป็นฟิลด์ประเภทตัวอักษร ส่วน ฟิลด์ที่ 3-6 เป็นฟิลด์ประเภทตัวเลข ถ้าพิจารณาในแต่ละฟิลด์จะเห็นว่าตำแหน่งวงกลมที่ให้จำนวนจุดภาพดำสูงสุด (ตัวหนา) จะถูกเลือกให้เป็นตัวแทนของฟิลด์เพื่อนำไปวิเคราะห์หารหัสวิชา ดังนั้นจากภาพที่ 36 ก็สามารถสรุปออกมาเป็นรหัสวิชาได้ คือ MA0496

ตารางที่ 13

| | |
|---|---|
| ฟิลด์ที่ 6 | 45 37 43 44 33 42 **96** 43 47 49 |
| ฟิลด์ที่ 5 | 68 50 60 53 53 49 56 43 55 **95** |
| ฟิลด์ที่ 4 | 50 46 51 54 **90** 49 49 46 46 51 |
| ฟิลด์ที่ 3 | **80** 37 53 44 40 37 50 42 52 42 |
| ฟิลด์ที่ 2 | **90** 45 38 38 34 34 40 46 32 40 39 36 43 43 44 40 44 47 53 46 57 42 46 35 33 39 |
| ฟิลด์ที่ 1 | 54 44 42 38 42 40 45 39 44 40 48 42 **85** 41 49 44 50 48 54 53 58 47 50 42 43 47 |

จำนวนจุดภาพดำในวงกลมของฟิลด์รหัสวิชาของภาพผลเฉลยคำตอบ

Copyright: Graduate School, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, (1997).

จากตารางที่ 14 แสดงผลเฉลยของข้อสอบวิชา MA0496 ซึ่งในแบบฟอร์มประเภทนี้เป็นแบบฟอร์มประเภท 5 ตัวเลือก สำหรับตัวเลือกที่เป็นผลเฉลยของข้อสอบแต่ละข้อก็คือตำแหน่งวงกลมที่มีจำนวนจุดภาพดำสูงสุดอยู่นั้นเอง (ตัวหนา)

ตารางที่ 14

| ข้อสอบ | วงกลมที่ 1 | วงกลมที่ 2 | วงกลมที่ 3 | วงกลมที่ 4 | วงกลมที่ 5 |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | **85** | 45 | 59 | 57 | 38 |
| 2 | 35 | **85** | 40 | 42 | 36 |
| 3 | 36 | **86** | 51 | 44 | 51 |
| 4 | **90** | 59 | 57 | 61 | 59 |
| 5 | **88** | 45 | 61 | 49 | 36 |
| 6 | 35 | 42 | **91** | 43 | 35 |
| 7 | 39 | 48 | **104** | 42 | 47 |
| 8 | 46 | **89** | 54 | 52 | 45 |
| 9 | 38 | **91** | 62 | 46 | 37 |
| 10 | 36 | 43 | 41 | **93** | 37 |
| \| | \| | \| | \| | \| | \| |
| \| | \| | \| | \| | \| | \| |
| 50 | 50 | 47 | 50 | 50 | **81** |
| 51 | 45 | 51 | 52 | **87** | 57 |
| 52 | 43 | 45 | **95** | 50 | 45 |
| 53 | 38 | **86** | 40 | 44 | 38 |
| 54 | **88** | 54 | 50 | 52 | 36 |
| 55 | **87** | 52 | 55 | 57 | 60 |
| 56 | 52 | 54 | 50 | 50 | **89** |
| 57 | 38 | 43 | 42 | **98** | 42 |
| 58 | 41 | 53 | **97** | 51 | 38 |
| 59 | 54 | 67 | 69 | **96** | 64 |
| 60 | 47 | **98** | 54 | 55 | 45 |

ลิสต์ของตำแหน่งตำแหน่งผลเฉลยคำตอบวิชา MA0496 บนแบบฟอร์มประเภทที่ 1

Copyright: Graduate School, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, (1997).

## ข้อมูลในฐานข้อมูลส่วนผลเฉลยคำตอบ

ในฐานข้อมูลส่วนผมเฉลยคำตอบ สิ่งที่ต้องการจะเก็บเพิ่มเติมจากข้อมูลในฟอร์มไลบรารี ก็คือ ฐานข้อมูลที่เก็บตำแหน่งวงกลมผลเฉลยของข้อสอบแต่ละข้อ สามารถเขียนในรูปโครงสร้างข้อมูลแบบ struct ของภาษา c ได้ ดังนี้

```
typedef struct TrueAnswer *TAPtr;
struct TrueAnswer {
    int OrderPosition;     // Sequence of Answer Record
    int Range;    // Range Of Correct Answer
    int bPoint;    // Number of Black Pixel in Range of TrueAnswer
    TAPtr next;
}
```

## สรุป

การสร้างฐานข้อมูลส่วนผลเฉลยคำตอบที่กล่าวถึงในวิทยานิพนธ์บทนี้ จะเป็นขั้นตอนการทำงานที่จะทำต่อจากขั้นตอนการสร้างโมเดลของแบบฟอร์มกระดาษคำตอบ โดยขั้นตอนนี้จะเป็นการสร้างฐานความรู้ที่เกี่ยวข้องผลเฉลยของแต่ละรหัสวิชาให้กับระบบคอมพิวเตอร์ ขั้นตอนการประมวลผลเริ่มจากการจำแนกประเภทแบบฟอร์ม และอ่านข้อมูลที่เป็นโมเดลของแบบฟอร์มจากฟอร์มไลบรารี แล้ววิเคราะห์หารหัสวิชา และผลเฉลยคำตอบ ซึ่งจะหาได้จากการนับจำนวนจุดภาพดำที่เกิดขึ้นในวงกลมแต่ละวง แล้วพิจารณาว่าตำแหน่งวงกลมใดมีจำนวนจุดภาพดำสูงสุด ตำแหน่งวงกลมนั้นก็จะถูกนำไปวิเคราะห์หารหัสวิชา และผลเฉลยของคำตอบตามลำดับ ซึ่งฐานข้อมูลส่วนผลเฉลยคำตอบนี้จะถูกนำไปใช้ร่วมกันกับข้อมูลในฟอร์มไลบรารีในขั้นตอนของการตรวจข้อสอบ ซึ่งจะได้กล่าวถึงในบทถัดไป

Copyright: Graduate School, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, (1997).

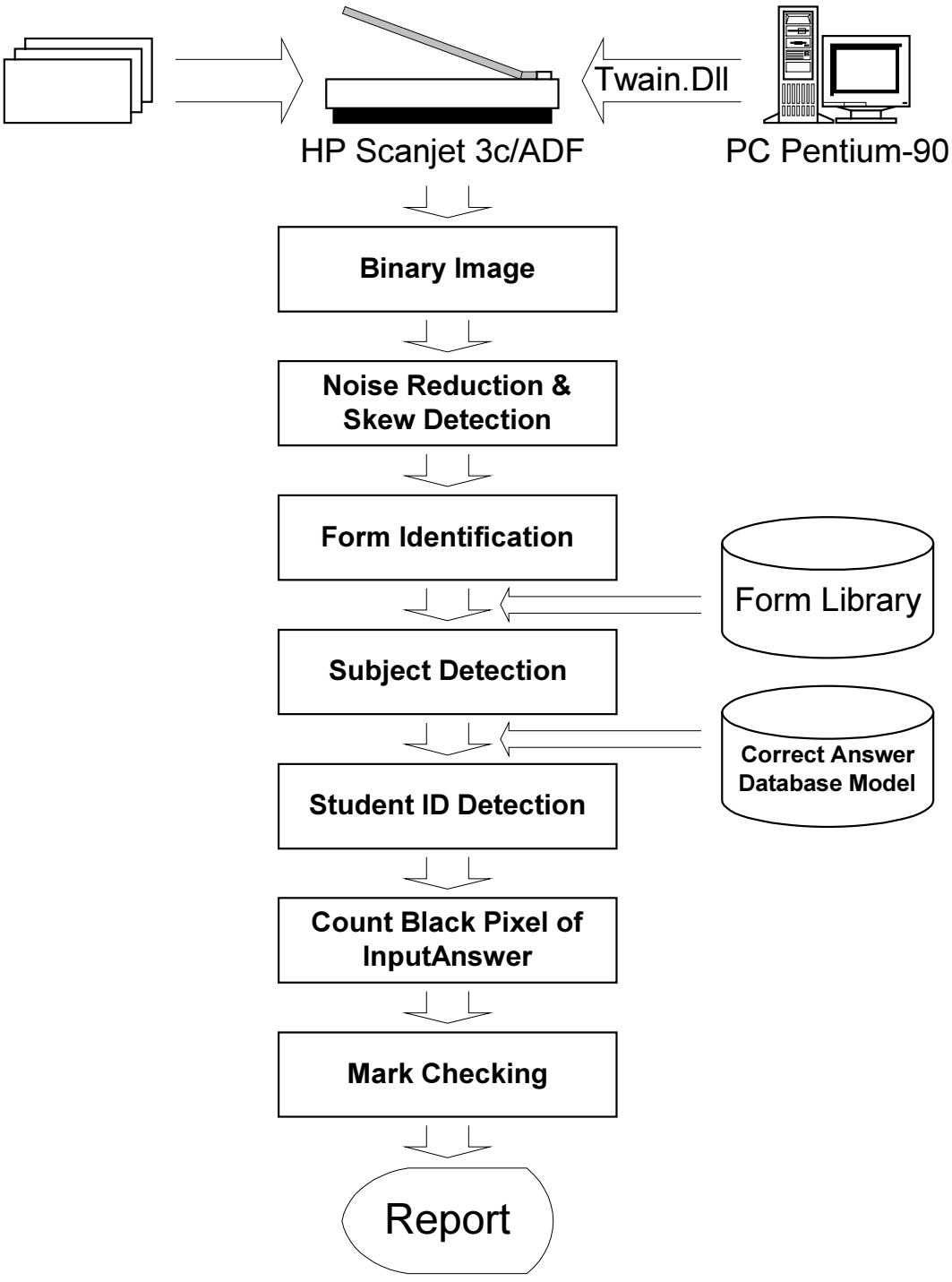
# บทที่ 5

# การตรวจข้อสอบ

จากที่กล่าวมาในบทที่ 3 และบทที่ 4 ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ซึ่งเป็นการสร้างโมเดลของแบบฟอร์มกระดาษคำตอบข้อสอบปรนัย และการสร้างฐานข้อมูลส่วนผลเฉลยคำตอบ ตามลำดับนั้นก็คือถึงขั้นตอนนี้เราพร้อมแล้วที่จะทำการตรวจข้อสอบ ดังนั้นในวิทยานิพนธ์บทนี้จะเป็นนำเสนอขั้นตอนของการตรวจข้อสอบปรนัยที่ใช้หลักการของการประมวลผลภาพ โดยแบ่งขั้นตอนการประมวลผลออกเป็น 6 ขั้นตอนย่อย เริ่มจากเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ส่งสัญญาณควบคุมให้เครื่องสแกนเนอร์สร้างข้อมูลภาพ 2 ระดับ ด้วยความละเอียดของการสแกน 75 จุดต่อนิ้ว และทำการประมวลผลขั้นต้น ซึ่งได้กล่าวไว้แล้วในบทที่ 2 ของวิทยานิพนธ์ ขั้นตอนที่ 2 หาประเภทแบบฟอร์มข้อสอบปรนัย แล้วอ่านข้อมูลที่สำคัญที่จำเป็นต่อการประมวลผลการตรวจข้อสอบออกมาจากฟอร์มไลบรารี ขั้นตอนที่ 3 วิเคราะห์หารหัสวิชาแล้วอ่านลิสต์ของผลเฉลยออกมาจากฐานข้อมูล ซึ่งกล่าวถึงรายละเอียดของขั้นตอนทั้งสามนี้ได้กล่าวไว้แล้วในบทที่ 3 และ 4 ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ขั้นตอนที่ 4 วิเคราะห์หารหัสประจำตัวผู้เข้าสอบ โดยการนับจำนวนจุดภาพดำจากวงกลมแต่ละวงที่อยู่ในฟิลด์รหัสประจำตัวผู้เข้าสอบ ขั้นตอนที่ 5 การสร้างลิสต์ของคำตอบที่ผู้เข้าสอบเลือกและขั้นตอนสุดท้ายการตรวจนับคะแนน ซึ่งจะเป็นการเปรียบเทียบระหว่างลิสต์ของผลเฉลยคำตอบกับลิสต์ของคำตอบที่ผู้เข้าสอบเลือก แล้วรายงานคะแนนทางจอภาพคอมพิวเตอร์ ขั้นตอนการประมวลผลโดยรวมจะแสดงในภาพที่ 37

Copyright: Graduate School, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, (1997).

ภาพที่ 37




ขั้นตอนการตรวจคำตอบเพื่อนับคะแนน

Copyright: Graduate School, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, (1997).

## การหารหัสประจำตัวผู้เข้าสอบ

จากโมเดลของฟิลด์รหัสประจำตัวผู้เข้าสอบที่สร้างไว้ในขั้นตอนการสร้างโมเดล พบว่ารหัสประจำตัวผู้เข้าสอบที่ตั้งขึ้นสำหรับการเรียนการสอนโดยทั่วไปจะประกอบด้วยจำนวนอักขระมากกว่า 1 ตัว ดังนั้นจะต้องวิเคราะห์หาอักขระของรหัสประจำตัวผู้เข้าสอบที่ละตัวจากฟิลด์ที่ถูกกำหนดให้เป็นฟิลด์รหัสประจำตัวผู้เข้าสอบทุกฟิลด์

**หลักการที่นำเสนอ** พิจารณาทุกๆ ฟิดล์รหัสประจำตัวผูเข้าสอบ จากขั้นตอนการสร้างโมเดลของแบบฟอร์มกระดาษคำตอบเราได้ตำแหน่งของวงกลมแต่ละวงในแต่ละฟิลด์ที่เก็บไว้ในลิสต์ จากนั้นเราสร้างลิสต์ขึ้นมาใหม่อีกหนึ่งลิสต์เพื่อนับจำนวนจุดภาพดำในวงกลมแต่ละวงจากภาพของผลเฉลยคำตอบ จากนั้นก็จะนำจำนวนจุดภาพดำเหล่านั้นไปทำการวิเคราะห์หารหัสประจำตัวผู้เข้าสอบ โดยให้พิจารณาดังนี้ ในลิสต์ของวงกลมในแต่ละฟิลด์ให้ทำการเปรียบเทียบกันเองว่าจำนวนจุดภาพดำในวงกลมใดมีจำนวนมากที่สุด ก็ให้เก็บค่าตำแหน่งนั้นไว้ แล้วนำไปเปรียบเทียบกับตารางเปรียบเทียบ (Lookup Table) เพื่อที่จะเปลี่ยนค่านั้นออกมาเป็นตัวอักขระ (ASCII) สำหรับเป็นตัวแทนของฟิลด์นั้น เนื่องจากเราได้ทำการกำหนดไว้ว่าฟิลด์รหัสประจำตัวผู้เข้าสอบทุกฟิลด์เป็นของตัวเลข (0..9) ดังนั้นในการแทนค่าตำแหน่งวงกลมก็จะทำได้โดยให้ตำแหน่งวงกลมที่ 1,2,3,…,10 ถูกแทนด้วยตัวอักขระ 0,1,2,…,9 ตามลำดับ เมื่อทำครบทุกฟิลด์ฯ แล้วในขั้นตอนสุดท้ายของการวิเคราะห์หารหัสวิชาก็คือการนำอักขระที่ได้จากการแปลงของแต่ละฟิลด์มาเรียงลำดับเพื่อรวมเป็นรหัสประจำตัวผู้เข้าสอบ สำหรับหลักการที่นำเสนอในการเรียงลำดับฟิลด์รหัสประจำตัวผู้เข้าสอบก็คือ การกำหนดให้ฟิลด์ที่ตำแหน่งจุดมุมบนขาวน้อยที่สุดเป็นฟิลด์ลำดับที่หนึ่ง ส่วนฟิลด์ที่ตำแหน่งจุดมุมบนขวาอยู่ในลำดับถัดไปก็ให้แทนเป็นฟิลด์ลำดับที่ 2, 3,… ตามลำดับ

Copyright: Graduate School, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, (1997).

**อัลกอริธึม 12** การวิเคราะห์หารหัสประจำตัวผู้เข้าสอบ

**เริ่มต้น**

while FieldType เป็นฟิลด์รหัสประจำตัวผู้เข้าสอบ (StudentIDBox) {

for each Field {

1. นับจำนวนจุดภาพดำในวงกลมแต่ละวง
2. เปรียบเทียบหาตำแหน่งวงกลมที่มีจำนวนจุดภาพดำมากที่สุด(Max) และมากที่สุดอันดับ 2 (Max_2)
3. ถ้าจำนวนจุดภาพในวงกลมตำแหน่ง Max และ Max_2 ต่างกันน้อยกว่า 15 ให้แสดงว่าเกิดความผิดพลาดในการสร้างรหัสวิชา และ จบงาน
4. พิจารณาเพื่อแปลงค่าตำแหน่งวงกลมเป็นอักขระ (ASCII) โดยให้แทนตำแหน่งวงกลมที่ 1,2,…,10 ด้วยอักขระ 0,1,…,9 ตามลำดับ

} // end for

} //endWhile

5. นำอักขระที่วิเคราะห์ได้มาเรียงลำดับให้เป็นรหัสประจำตัวผู้เข้าสอบ

**จบงาน**

โดยที่ FieldType คือ ประเภทของฟิลด์ข้อมูลที่กำลังสนใจ

Max คือ ตำแหน่งวงกลมที่มีจำนวนจุดภาพดำมากที่สุดในแต่ละฟิลด์

Max_2 คือ ตำแหน่งวงกลมที่มีจำนวนจุดภาพดำมากที่สุดอันดับที่ 2 ในแต่ละฟิลด์

Copyright: Graduate School, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, (1997).

## การสร้างลิสต์ตัวเลือกคำตอบ

สำหรับการสร้างลิสต์ตัวเลือกคำตอบจากภาพอินพุตเข้ามาเพื่อทำการตรวจคำตอบที่นำเสนอในวิทยานิพนธ์นี้ จะเริ่มจากลิสต์ของตำแหน่งข้อสอบแต่ละข้อ และตำแหน่งของวงกลมแต่ละวงที่อ่านออกมาจากฟอร์มไลบรารี จากนั้นให้สร้างลิสต์ข้อมูลที่สามารถบรรยายถึงความสัมพันธ์ของตำแหน่งหรือเลขลำดับข้อสอบ และตำแหน่งและจำนวนจุดภาพดำในวงกลมแต่ละวง ซึ่งขนาดของลิสต์ข้อมูลที่สร้างขึ้นมาใหม่ก็จะต้องเท่ากับจำนวนข้อสอบที่มีอยู่ในหน้ากระดาษนั้น จากนั้นก็ให้นับจำนวนจุดภาพดำในวงกลมแต่ละวงจากตำแหน่งข้อสอบแต่ละข้อ ดังแสดงในอัลกอริธึมที่ 13

**อัลกอริธึมที่ 13** การสร้างลิสต์ตัวเลือกคำตอบ

**เริ่มต้น**

```
while FieldType เป็นฟิลด์คำตอบ (AnswerBox) {
    for each Answer Record {
        นับจำนวนจุดภาพดำในวงกลมแต่ละวง
    } // end for
} //endWhile
```

**จบงาน**

โดยที่ FieldType คือ ประเภทของฟิลด์ข้อมูลที่กำลังสนใจ

Answer Record คือ ตำแหน่งของข้อสอบแต่ละข้อในฟิลด์คำตอบ

Max คือ ตำแหน่งวงกลมที่มีจำนวนจุดภาพดำมากที่สุดในแต่ละข้อ

Max_2 คือ ตำแหน่งวงกลมที่มีจำนวนจุดภาพดำมากที่สุดอันดับที่ 2 ในแต่ละข้อ

Copyright: Graduate School, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, (1997).

## การตรวจนับคะแนน

การตรวจนับคะแนนเป็นการประมวลผลขั้นตอนสุดท้ายของระบบตรวจข้อสอบปรนัยที่ใช้หลักการของการประมวลผลภาพ เมื่อมาถึงการทำงานในขั้นตอนนี้ เราจะมีลิสต์ที่จะต้องมีความเกี่ยวข้องกับการประมวลผล 2 ลิสต์ คือ ลิสต์ของผลเฉลยคำตอบ และลิสต์ของตัวเลือกคำตอบ ดังนั้นเราจะทำการเปรียบเทียบข้อมูลระหว่างลิสต์ทั้งสองเพื่อนับคะแนนของผู้เข้าสอบ แล้วรายงานออกมาทางจอภาพคอมพิวเตอร์

**อัลกอริธึม 14** การตรวจนับคะแนน

**เริ่มต้น**

1. หาตำแหน่งวงกลมที่ให้ค่าจำนวนจุดภาพดำสูงสุดในส่วนเฉลยคำตอบ ซึ่งหมายถึงเราจะหาตำแหน่งคำตอบที่ถูกของข้อสอบข้อนั้นๆ
2. แบบฟอร์มนำเข้าหาตำแหน่งของวงกลมที่ให้ค่าจำนวนจุดภาพดำสูงสุด และสูงสุดอันดับที่ 2 แล้วทำการเปรียบเทียบ
   - 2.1 ถ้าค่าทั้งสองค่านี้แตกต่างกันน้อยกว่า 15 จุดภาพ แสดงว่าในข้อนั้นไม่มีการทำข้อสอบ หรือถ้ามีก็จะเป็นการเลือกคำตอบมากกว่า 1 ตำแหน่งให้ถือเป็นการตอบผิด (BadChk) ไปทำข้อ 3
   - 2.2 ถ้าตำแหน่งของวงกลมที่ได้จากข้อ 1 เท่ากับตำแหน่งสูงสุดในแบบฟอร์มนำเข้าถือว่าเป็นการเลือกตอบที่ถูก (GoodChk) ไม่เช่นนั้นก็ถือเป็นการตอบผิด (BadChk) ไปทำข้อ 3
3. กลับไปทำงานในขั้นตอนที่ 1 จนกว่าจะตรวจข้อสอบครบทุกข้อ

**จบงาน**

อัลกอริธึมที่นำเสนอนี้จะใช้จำนวนของการเปรียบเทียบที่ต่ำ ยกตัวอย่างเช่น ถ้าเป็นข้อสอบประเภท 5 ตัวเลือก คือมีตัวเลือกคำตอบ ก-จ หรือ 1-5 จำนวนครั้งของการเปรียบเทียบของข้อสอบแต่ละข้อ เป็นดังนี้

1. เปรียบเทียบหาวงกลมที่มีจำนวนจุดภาพดำมากที่สุด (Max) = 4 ครั้ง
2. เปรียบเทียบหาวงกลมที่มีจำนวนจุดภาพดำมากลำดับที่ 2 (Max_2) = 3 ครั้ง
3. เปรียบเทียบ Max กับ Max_2 = 1 ครั้ง
4. เปรียบเทียบ Max กับ ค่าในส่วนผลเฉลยคำตอบ = 1 ครั้ง

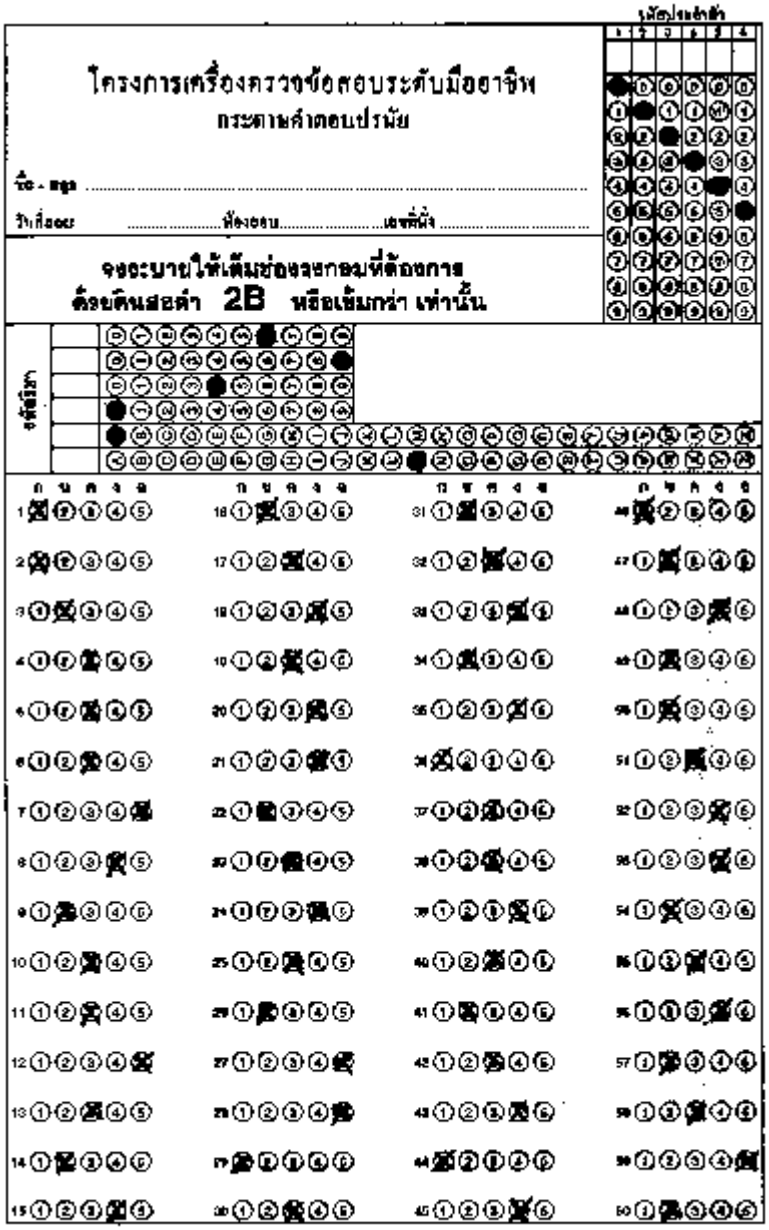
รวมทั้งสิ้น 9 ครั้ง ซึ่งการตรวจนับคะแนนแสดงในอัลกอริธึมที่ 14

Copyright: Graduate School, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, (1997).

**ผลการทดลอง**

ภาพที่ 38 จะเป็นภาพของแบบฟอร์มกระดาษคำตอบที่อินพุตเข้ามาเพื่อทำการตรวจข้อสอบ

ภาพที่ 38




ภาพอินพุตของแบบฟอร์มกระดาษประเภทที่ 1 เพื่อตรวจข้อสอบ

Copyright: Graduate School, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, (1997).

จากที่ได้กล่าวมาในตอนต้นของวิทยานิพนธ์บทนี้ ขั้นตอนในการประมวลผลจะต้องเริ่มจากการหาประเภทของแบบฟอร์มกระดาษคำตอบ โดยใช้เส้นตรงในแนวนอนที่ปรากฏในภาพ ดังนั้นขั้นตอนแรกที่ต้อง คือ การหาตำแหน่งเส้นตรงในแนวนอนจากภาพ ซึ่งผลปรากฏออกมาตามตารางที่ 15 มีจำนวนเส้นตรงทั้งหมด 12 เส้น และเมื่อนำไปเทียบกับข้อมูลในฟอร์มไลบรารีปรากฏว่าได้คำตอบเป็นแบบฟอร์มกระดาษคำตอบประเภทที่ 1 และการย้ายตำแหน่งของจุดภาพ (Pixel translation) จากข้อมูลในฟอร์มไลบรารีไปเท่ากับ 3,2 จุดภาพ

ตารางที่ 15

| เส้นตรงในแนวนอน | | | | เส้นตรงในแนวนอน | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| No. | BeginX | BeginY | LRun | No. | BeginX | BeginY | LRun |
| 1 | 13 | 21 | 379 | 7 | 37 | 195 | 152 |
| 2 | 314 | 28 | 77 | 8 | 37 | 207 | 152 |
| 3 | 314 | 45 | 77 | 9 | 37 | 220 | 356 |
| 4 | 13 | 126 | 300 | 10 | 37 | 232 | 356 |
| 5 | 13 | 170 | 379 | 11 | 14 | 245 | 379 |
| 6 | 37 | 182 | 152 | 12 | 14 | 619 | 379 |

ตำแหน่งเส้นตรงที่ตรวจจับได้จากภาพอินพุตเพื่อตรวจข้อสอบ

Copyright: Graduate School, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, (1997).

จากประเภทของแบบฟอร์ม ในตารางที่ 16 แสดงตำแหน่งของวงกลมในฟิลด์รหัสวิชา ซึ่งตำแหน่งที่มีจำนวนจุดภาพดำสูงสุดในแต่ละฟิลด์จะถูกเลือกไปใช้ในการวิเคราะห์หารหัสวิชา ซึ่งผลการวิเคราะห์หารหัสวิชาก็สรุปออกมาเป็นรหัสวิชา MA0496

ตารางที่ 16

| | |
|---|---|
| ฟิลด์ที่ 6 | 39 39 41 46 36 45 **98** 45 48 52 |
| ฟิลด์ที่ 5 | 48 35 46 40 45 44 55 43 55 **83** |
| ฟิลด์ที่ 4 | 33 31 32 34 **84** 40 43 44 45 48 |
| ฟิลด์ที่ 3 | **77** 30 45 37 39 36 47 39 47 42 |
| ฟิลด์ที่ 2 | **80** 37 34 38 34 34 39 49 34 44 43 41 51 49 51 48 51 50 54 44 45 40 57 43 42 57 |
| ฟิลด์ที่ 1 | 40 37 40 38 42 40 45 39 44 41 51 45 **91** 47 57 50 56 49 58 53 50 53 58 56 51 57 |

จำนวนจุดภาพดำในวงกลมของฟิลด์รหัสวิชาของภาพอินพุตเพื่อตรวจข้อสอบ

ในตารางที่ 17 แสดงค่าจำนวนจุดภาพดำในวงกลมแต่ละวงของฟิลด์รหัสประจำตัวผู้เข้าสอบ ซึ่งในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้กำหนดรูปแบบของวงกลมตัวเลขเพียงอย่างเดียว ดังนั้นในการพิจารณาแทนค่าตำแหน่งจุดภาพดำก็จะใช้ตัวอักขระ 0-9 แทนตำแหน่งวงกลมที่ 1-10 ตามลำดับ ซึ่งผลจากการวิเคราะห์หารหัสประจำตัวผู้เข้าสอบทำให้ได้รหัส 012345 เป็นรหัสประจำตัวผู้เข้าสอบ

ตารางที่ 17

| | |
|---|---|
| ฟิลด์ที่ 1 | **104** 62 70 72 70 59 64 54 59 58 |
| ฟิลด์ที่ 2 | 61 **96** 64 64 67 75 60 54 58 56 |
| ฟิลด์ที่ 3 | 67 51 **96** 65 63 71 73 72 75 75 |
| ฟิลด์ที่ 4 | 61 38 40 **90** 42 46 52 45 56 56 |
| ฟิลด์ที่ 5 | 73 62 61 54 **107** 58 64 60 65 61 |
| ฟิลด์ที่ 6 | 63 43 37 49 50 **89** 50 45 49 46 |

จำนวนจุดภาพดำในวงกลมของฟิลด์รหัสประจำตัวผู้เข้าสอบของภาพอินพุตเพื่อตรวจข้อสอบ

Copyright: Graduate School, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, (1997).

ในตารางที่ 18 จะแสดงการเลือกคำตอบของผู้เข้าสอบในคำตอบแต่ละข้อ ซึ่งตำแหน่งวงกลมที่ผู้เข้าสอบเลือกตอบนั้นจะมีจำนวนจุดภาพดำที่มากกว่าวงกลมอื่นที่อยู่ในข้อสอบข้อเดียวกัน จากข้อมูลที่ได้มานี้ก็จะนำไปเปรียบเทียบกับฐานข้อมูลส่วนผลเฉลยคำตอบของรหัสวิชา MA0496 ซึ่งผลการตรวจข้อสอบจะแสดงในตารางที่ 19

ตารางที่ 18

| ข้อสอบ | วงกลมที่ 1 | วงกลมที่ 2 | วงกลมที่ 3 | วงกลมที่ 4 | วงกลมที่ 5 |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | **81** | 59 | 45 | 44 | 36 |
| 2 | 35 | **90** | 40 | 42 | 37 |
| 3 | 37 | **88** | 49 | 43 | 51 |
| 4 | **102** | 51 | 54 | 57 | 61 |
| 5 | **82** | 58 | 41 | 41 | 36 |
| 6 | 35 | 42 | **93** | 43 | 37 |
| 7 | 38 | 47 | **107** | 44 | 51 |
| 8 | 43 | **107** | 49 | 58 | 64 |
| 9 | 54 | **86** | 46 | 41 | 37 |
| 10 | 37 | 48 | 49 | **90** | 42 |
| \| | \| | \| | \| | \| | \| |
| \| | \| | \| | \| | \| | \| |
| 50 | 39 | 41 | 42 | 43 | **83** |
| 51 | 38 | 41 | 48 | **77** | 45 |
| 52 | 41 | 53 | **89** | 44 | 54 |
| 53 | 43 | **85** | 47 | 51 | 41 |
| 54 | **84** | 54 | 55 | 55 | 42 |
| 55 | **92** | 61 | 61 | 53 | 53 |
| 56 | 45 | 49 | 48 | 47 | **84** |
| 57 | 40 | 48 | 49 | **82** | 43 |
| 58 | 42 | 52 | **90** | 50 | 38 |
| 59 | 38 | 43 | 45 | **92** | 41 |
| 60 | 41 | **95** | 53 | 65 | 52 |

ลิสต์ของตำแหน่งตำแหน่งตัวเลือกคำตอบจากภาพอินพุต

Copyright: Graduate School, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, (1997).

ตารางที่ 19

| ข้อสอบ | ตำแหน่งผลเฉลย | ตัวเลือกคำตอบ | ผลการตรวจนับ |
|---|---|---|---|
| Record No. 1 | **1 = 85** point | **[1,81]** [2,59] [3,45] [4,44] [5,36] | Correct Answer |
| Record No. 2 | **2 = 85** point | [1,35] **[2,90]** [3,40] [4,42] [5,37] | Correct Answer |
| Record No. 3 | **2 = 86** point | [1,37] **[2,88]** [3,49] [4,43] [5,51] | Correct Answer |
| Record No. 4 | **1 = 90** point | **[1,102]** [2,51] [3,54] [4,57] [5,61] | Correct Answer |
| \| | \| | \| | \| |
| \| | \| | \| | \| |
| Record No. 57 | **4 = 98** point | [1,40] [2,48] [3,49] **[4,82]** [5,43] | Correct Answer |
| Record No. 58 | **3 = 97** point | [1,42] [2,52] **[3,90]** [4,50] [5,38] | Correct Answer |
| Record No. 59 | **4 = 96** point | [1,38] [2,43] [3,45] **[4,92]** [5,41] | Correct Answer |
| Record No. 60 | **2 = 98** point | [1,41] **[2,95]** [3,53] [4,65] [5,52] | Correct Answer |
| Subject Code c:\user\krit\lib\MA0496.F1 | | | |
| Student Id Code detect is 012345 | | | |
| From 60 Choice : Correct 49 : Wrong 11 | | | |

ผลการตรวจคำตอบวิชา MA0496 ซึ่งทำการสอบโดยนักศึกษารหัส 012345

## สรุป

ในเนื้อหาของวิทยานิพนธ์บทนี้จะได้กล่าวถึงการตรวจข้อสอบปรนัยที่ใช้หลักการของการประมวลผลภาพเพื่อนับคะแนน โดยขั้นตอนในการประมวลผลของระบบการตรวจข้อสอบปรนัยจะเริ่มจาก การหาประเภทแบบฟอร์มและรหัสวิชา และอ่านข้อมูลของแบบฟอร์มจากฟอร์มไลบรารีและฐานข้อมูลส่วนผลเฉลยคำตอบ ตามลำดับ จากนั้นก็วิเคราะห์หารหัสประจำตัวผู้เข้าสอบ และหาตำแหน่งวงกลมที่มีการเลือกคำตอบในข้อสอบแต่ละข้อของผู้เข้าสอบแล้วจัดสร้างเป็นลิสต์ โดยในการตรวจนับคะแนนจะเป็นการเปรียบเทียบข้อมูลระหว่าง 2 ลิสต์ คือ ลิสต์ของผลเฉลยคำตอบ และลิสต์ของตัวเลือกคำตอบที่ผู้เข้าสอบเลือก ส่วนการรายงานผลการตรวจนับคะแนนจะกำหนดให้แสดงทางจอภาพ ผลจากการตรวจข้อสอบปรนัยด้วยวิธีที่นำเสนอนี้ จะทำให้การตรวจข้อสอบปรนัยมีความยืดหยุ่น รวดเร็ว มีประสิทธิภาพ และมีความน่าเชื่อถือ

Copyright: Graduate School, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, (1997).

# บทที่ 6

# ระบบตรวจข้อสอบปรนัยที่ใช้หลักการของการประมวลผลภาพ

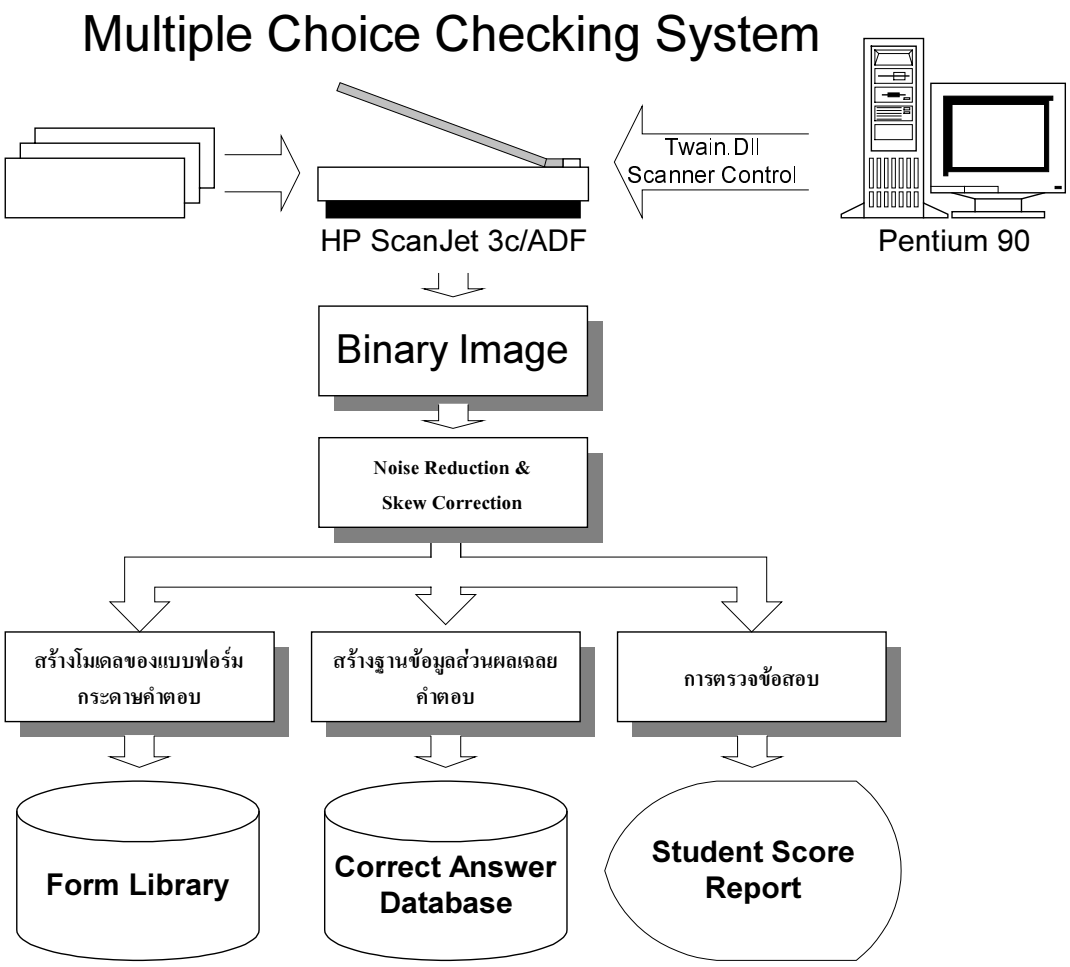
ในปัจจุบันคอมพิวเตอร์เข้ามามีบทบาทในระบบการเรียนการสอนอย่างชัดเจน ทั้งในส่วนของการเรียนการสอนในห้องปฏิบัติการเพื่อฝึกทักษะและความชำนาญสำหรับนักเรียน ส่วนสนับสนุน ควบคุม และประเมินผลการเรียนการสอน เช่นงานทะเบียนนักเรียน และงานการจัดตารางเรียน เป็นต้น และงานอีกอย่างที่มีความชัดเจนมากคือการนำคอมพิวเตอร์มาช่วยในการตรวจข้อสอบ ทั้งการสอบเข้าเพื่อศึกษาต่อ และการสอบภายในสถาบันฯ ทั้งนี้เพราะการนำระบบคอมพิวเตอร์มาช่วยในการตรวจข้อสอบ จะทำให้เราทราบผลคำตอบได้รวดเร็ว ถูกต้อง และมีความน่าเชื่อถือสูง สามารถป้องกันความผิดพลาดอันเนื่องมาจากการตรวจโดยใช้เจ้าหน้าที่ เครื่องมือที่ใช้ในการตรวจข้อสอบปัจจุบันคือเครื่องตรวจข้อสอบระบบแสง โดยเครื่องมือชนิดนี้จะตรวจข้อสอบที่ทำข้อสอบด้วยดินสอขนาดความเข้ม 2B หรือมากกว่าแบบระบายดินสอเต็มวงกลม การตรวจข้อสอบในขณะเวลาใดเวลาหนึ่งสามารถตรวจได้เพียงแบบฟอร์มกระดาษคำตอบเพียงวิชาเดียวเท่านั้นไม่สามารถเปลี่ยนไปตรวจวิชาอื่นได้จนกว่าจะเปลี่ยนต้นแบบ (Model) เป็นรหัสวิชาอื่น นอกจากข้อจำกัดที่กล่าวมาของการตรวจข้อสอบด้วยเครื่องตรวจข้อสอบระบบแสง พบว่าเครื่องมือชนิดนี้ยังไม่ยืดหยุ่นในการตรวจเพียงพอ เพราะเครื่องมือชนิดนี้จะตรวจข้อสอบประเภทระบายในวงกลมได้เพียงอย่างเดียวเท่านั้น ข้อสอบประเภทอื่นเช่นการกากบาทไม่สามารถทำได้ การทำข้อสอบต้องระบายเต็มวงกลมที่กำหนดไว้จะระบายมากหรือน้อยกว่าขนาดวงกลมไม่ได้

จากปัญหาที่กล่าวมาของการตรวจข้อสอบระบบแสง และเทคโนโลยีที่เปลี่ยนไปของคอมพิวเตอร์ที่มีความสามารถมากขึ้นเป็นลำดับ ทั้งความเร็ว ความจุ การเพิ่มของจำนวนอุปกรณ์รอบข้าง และทฤษฎีอีกมากมายที่มารองรับในงานวิจัยในหลายด้าน ในวิทยานิพนธ์นี้ได้นำเสนอขั้นตอนในการตรวจข้อสอบปรนัยโดยเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ให้ทำงานร่วมกับเครื่องสแกนเนอร์ที่มีระบบป้อนกระดาษอัตโนมัติ (Auto Feeder Scanner) ซึ่งมีราคาถูกและยืดหยุ่นในการตรวจสูงกว่าการตรวจข้อสอบระบบแสง กล่าวคือ จะสามารถใช้กับกระดาษคำตอบรูปแบบใดๆ ที่ออกแบบโดยผู้ใช้ภาพได้เงื่อนไขที่กำหนดไว้ และอำนวยความสะดวกในการเลือกคำตอบเช่นเดียวกับการตรวจข้อสอบด้วยคน คือ สามารถใช้ปากกาหรือดินสอธรรมดา เลือกคำตอบโดยวิธีวงกลมหรือกากบาททับก็ได้ ซึ่งขั้นตอนการประมวลผลจะเริ่มจาก คอมพิวเตอร์สั่งให้สแกนเนอร์สร้างภาพ

Copyright: Graduate School, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, (1997).

แล้วสร้างโปรแกรมอ่านภาพ จากนั้นประยุกต์ใช้ทฤษฎีการประมวลผลภาพ (Image Processing) และการประมวลผลแบบฟอร์ม (Form Processing) สำหรับระบบตรวจข้อสอบปรนัย

ภาพที่ 39




โครงสร้างระบบตรวจข้อสอบปรนัย

Copyright: Graduate School, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, (1997).

ระบบตรวจข้อสอบปรนัยอัตโนมัติที่นำเสนอในวิทยานิพนธ์นี้ ประกอบด้วย 2 ส่วนคือ

1. ส่วนฮาร์ดแวร์ประกอบด้วย เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ทำงานร่วมกับสแกนเนอร์ที่มีระบบป้อนกระดาษอัตโนมัติ

2. ส่วนซอฟท์แวร์ที่พัฒนาขึ้นมาประกอบด้วย ส่วนการควบคุมสแกนเนอร์ และส่วนการประมวลผล

## ส่วนฮาร์ดแวร์

### เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์

เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ที่ใช้ทดลองในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ใช้หน่วยประมวลผลกลาง (CPU) เพนเทียม-90 (90 MHz) หน่วยความจำหลัก 24 MB

### เครื่องสแกนเนอร์

เครื่องสแกนเนอร์ที่ใช้เป็นเครื่อง HP ScanJet 3c/ADF ที่มีระบบป้อนกระดาษอัตโนมัติ ทำการติดต่อกับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์โดยใช้การ์ด SCSI (Small Computer System Interface) ของ Future Domain SCSI

## ส่วนซอฟท์แวร์

### การควบคุมสแกนเนอร์

ระบบตรวจข้อสอบที่ทำงานภายใต้ระบบปฏิบัติการวินโดว์ส โดยใช้ภาษา C++ (Borland C++ For Windows) เป็นคอมไพเลอร์ โดยเขียนโปรแกรมใช้รูปแบบของภาษา C ส่วนการควบคุมสแกนเนอร์จากเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์จะทำโดยการให้ภาษาซีเรียกใช้ไลบรารีชื่อ Twain.Dll[10] ซึ่ง Twain.Dll จะเป็นไลบรารีที่รวบรวมโมดูลสำหรับการควบคุมการทำงานของสแกนเนอร์มาตรฐาน โมดูลที่สำคัญของ Twain.Dll ที่เรียกใช้ในงานการทดลอง คือ

HANDLE FAR PASCAL TWAIN_AcquireNative (HWND hwnd, unsigned wPixTypes)

ฟังก์ชันนี้ใช้สำหรับการสแกน และแปลงข้อมูลภาพกลับมาให้คอมพิวเตอร์ในโหมดเนทิฟ (Native Mode Transfer) สิ่งที่ได้จากฟังก์ชั่นนี้คือแฮนเดิลของภาพ

Copyright: Graduate School, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, (1997).

void FAR PASCAL TWAIN_FreeNative (HANDLE hdib)

ฟังก์ชันนี้ใช้สำหรับคืนแฮนเดิลการจองหน่วยความจำให้กับระบบ

## การประมวลผล

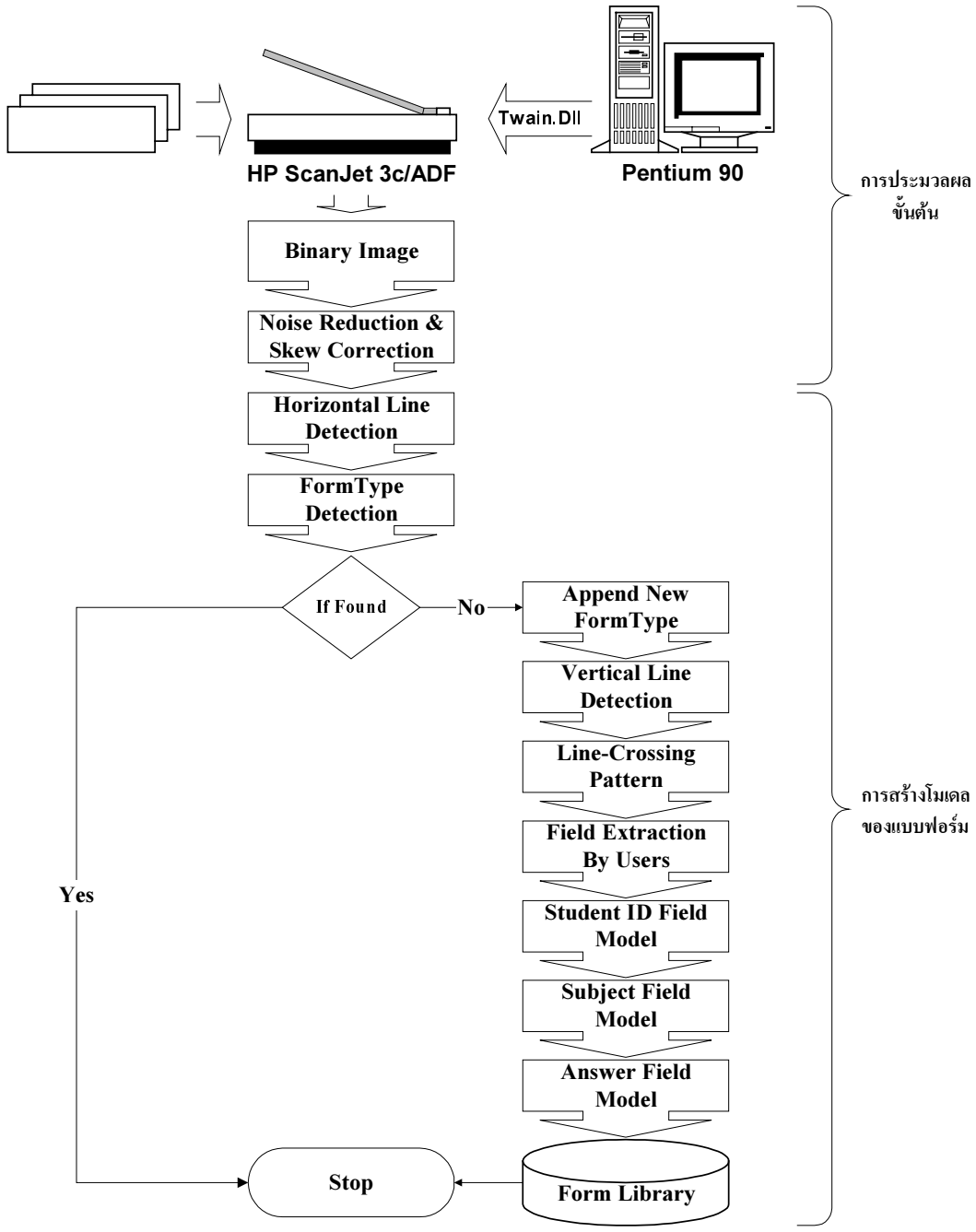
ส่วนการประมวลผลของระบบตรวจข้อสอบปรนัยที่ใช้หลักการประมวลผลภาพ แบ่งการประมวลผลออกเป็น 4 ส่วน คือ

**1. การประมวลผลขั้นต้น** ประกอบด้วยการกำจัดสัญญาณรบกวน ด้วยอัลกอริธึม kFill โดยกำหนดขนาด k = 3 และการแก้ความเอียงของหน้าเอกสาร โดยการประมาณสมการเชิงเส้นด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุด (Least Square Method : LSM) โดยในความเป็นจริงแล้ว ถ้าภาพเอกสารที่สแกนเข้ามาเกิดความเอียง คือมุมของเอกสารไม่เท่ากับศูนย์องศา ภายหลังเมื่อทำการหมุนเอกสารกลับแล้วปรากฏว่าภาพเอกสารนั้นไม่สามารถนำไปใช้ได้ ทั้งนี้เพราะภาพเอกสารที่ได้นั้นไม่สามารถหาแนวเส้นตรงในภาพได้ (เนื่องจากในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้กำหนดไว้ว่าเส้นตรงนั้นจะต้องมีความยาวของจุดภาพดำต่อเนื่องกันอย่างน้อย 30 จุดภาพ) ดังนั้นถ้าภาพว่าภาพเอกสารที่สแกนเข้ามาเกิดความเอียงผู้วิจัยจึงได้เสนอแนวทางในการแก้ไขโดยการให้สแกนภาพนั้นเข้ามาใหม่

**2. การสร้างโมเดลของแบบฟอร์มกระดาษคำตอบ** ซึ่งสามารแยกขั้นตอนในการทำงานได้ดังต่อไปนี้ เริ่มจากข้อมูลภาพแบบฟอร์มกระดาษคำตอบ 2 ระดับที่ได้จากสแกนเนอร์ นำมาผ่านการประมวลผลก่อนเพื่อปรับปรุงคุณภาพเอกสาร จากนั้นทำการจำแนกประเภทแบบฟอร์มกระดาษคำตอบโดยใช้เส้นตรงในแกนนอน แล้วคำนวณหาตำแหน่งและประเภทของจุดตัดเส้นตรงในแกนตั้งและแกนนอน จากนั้นสร้างกรอบฟิลด์ข้อมูลรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่มีจุดมุมของสี่เหลี่ยมมาจากตำแหน่งและประเภทของจุดตัดของเส้นตรงในสองแนว จากนั้นสร้างโปรแกรมเพื่อติดต่อกับผู้ใช้ (User Interface) เพื่อให้ผู้ใช้กำหนดประเภทของแต่ละฟิลด์ สุดท้ายจะเป็นการสร้างโมเดลของวงกลมที่อยู่ในแต่ละกรอบฟิลด์ข้อมูลโดยใช้การนับจำนวนจุดภาพดำที่เกิดในวงกลมแต่ละวง ซึ่งอัลกอริธึมโดยสรุปของการสร้างโมเดลของแบบฟอร์มกระดาษคำตอบ ได้แสดงไว้ในภาพที่ 40

Copyright: Graduate School, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, (1997).

ภาพที่ 40

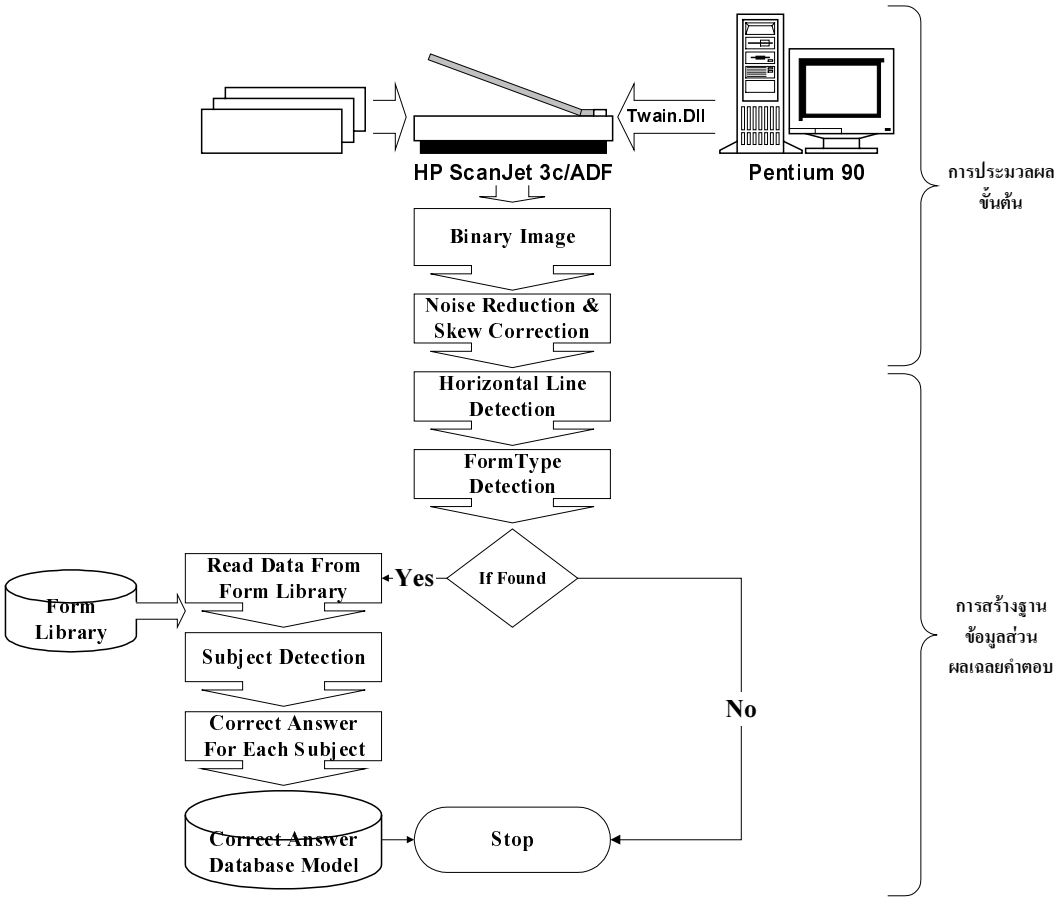



ขั้นตอนการสร้างโมเดลของแบบฟอร์มกระดาษคำตอบ

Copyright: Graduate School, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, (1997).

**3. <u>การสร้างฐานข้อมูลส่วนผลเฉลยคำตอบ</u>** แบ่งขั้นตอนการทำงานดังนี้ ขั้นตอนแรกเป็นการสแกนภาพของผลเฉลยและการประมวลผลขั้นต้น ขั้นตอนที่สองหาเส้นตรงในแนวนอนและจำแนกประเภทของแบบฟอร์มกระดาษคำตอบ ในขั้นตอนนี้จะทำให้ทราบถึงการย้ายตำแหน่งของจุดภาพโดยการเปรียบเทียบความแตกต่างของเส้นตรงระหว่างข้อมูลจากฟอร์มไลบรารีกับข้อมูลที่อินพุตเข้ามา โดยเลือกเส้นตรงที่มีความยาวเท่ากันมาหาค่าการย้ายตำแหน่งจุดภาพ ขั้นตอนที่ 3 อ่านข้อมูลที่จำเป็นต่อการประมวลผลของแบบฟอร์มจากฟอร์มไลบรารี ขั้นตอนที่ 4 วิเคราะห์หาอักขระของรหัสวิชา โดยการนับจำนวนจุดภาพดำในวงกลมแต่ละวงของฟิลด์รหัสวิชา และขั้นตอนสุดท้ายเป็นการสร้างฐานข้อมูลส่วนผลเฉลยคำตอบของรหัสวิชาดังกล่าว โดยในการวิเคราะห์หาข้อมูลดังกล่าวมานั้น ต้องไปอ่านข้อมูลจากภาพอินพุต โดยให้บวกตำแหน่งการอ่านไปเท่ากับค่าการย้ายตำแหน่งจุดภาพ ซึ่งอัลกอริธึมโดยรวมของการสร้างฐานข้อมูลส่วนผลเฉลยคำตอบ แสดงไว้ในภาพที่ 41

ภาพที่ 41



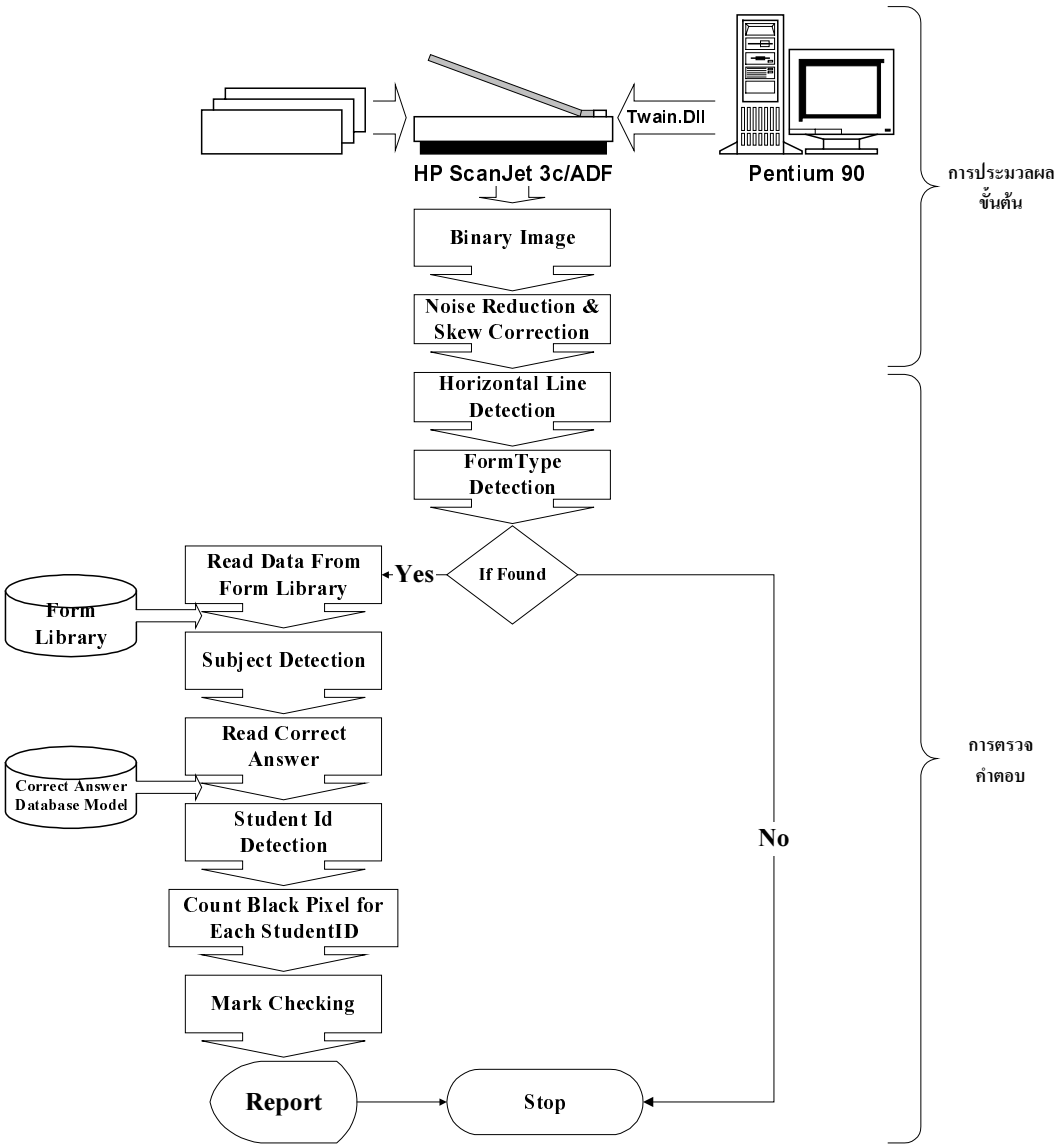

ขั้นตอนการสร้างฐานข้อมูลของส่วนผลเฉลยคำตอบ

Copyright: Graduate School, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, (1997).

**4. <u>การตรวจข้อสอบ</u>** เริ่มจากข้อมูลภาพ 2 ระดับ ขั้นตอนที่สองหาเส้นตรงในแนวนอนและจำแนกประเภทของแบบฟอร์มกระดาษคำตอบ ในขั้นตอนนี้จะทำให้ทราบถึงการย้ายตำแหน่งของจุดภาพ ขั้นตอนที่สามอ่านข้อมูลที่จำเป็นต่อการประมวลผลของแบบฟอร์มจากฟอร์มไลบรารี ขั้นตอนที่สี่วิเคราะห์หารหัสวิชา โดยการนับจำนวนจุดภาพดำในวงกลมแต่ละวงของฟิลด์รหัสวิชาแล้วอ่านผลเฉลยออกมาจากฐานข้อมูล จากนั้นวิเคราะห์หารหัสประจำตัวผู้เข้าสอบ และตำแหน่งตัวเลือกคำตอบ โดยการนับจำนวนจุดภาพดำในวงกลมแต่ละวงของฟิลด์ และขั้นตอนสุดท้ายเป็นการตรวจนับคะแนน ซึ่งจะเป็นการเปรียบเทียบระหว่างลิสต์ของฐานข้อมูลส่วนผลเฉลยคำตอบ กับลิสต์ของตัวเลือกคำตอบที่ได้จากภาพอินพุต แล้วรายงานออกมาเป็นคะแนนทางจอภาพคอมพิวเตอร์ ซึ่งอัลกอริธึมโดยรวมของการตรวจข้อสอบ แสดงไว้ในภาพที่ 42

Copyright: Graduate School, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, (1997).

ภาพที่ 42




ขั้นตอนของการตรวจข้อสอบ

Copyright: Graduate School, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, (1997).

**ผลการทดลอง**

จากการทดลองระบบตรวจข้อสอบปรนัยที่ใช้หลักการของการประมวลผลภาพกับแบบฟอร์มกระดาษคำตอบข้อสอบปรนัย 2 รูปแบบ ที่มีโครงสร้างและส่วนประกอบที่คล้ายคลึงกัน มีการทดลองสร้างฐานข้อมูลส่วนผลเฉลยคำตอบหลายวิชาให้กับแบบฟอร์มทั้ง 2 รูปแบบ ปรากฏผลการทดลองแสดงออกมาเป็นเวลาเฉลี่ย และความถูกต้องของการประมวลผล ปรากฏในตารางที่ 20 โดยกำหนดการสแกนทั้งหมดแบบฟอร์มละ 30 ตัวอย่าง (โดยหลักการทางสถิติ ค่าเฉลี่ยของประชากร สามารถประมาณได้จากค่าเฉลี่ยของตัวอย่างได้ เมื่อขนาดของตัวอย่าง (n) มีขนาดใหญ่พอสมควร ซึ่งโดยหลักการแล้วขนาดของตัวอย่างนั้นต้องมีอย่างน้อย 30 ตัวอย่าง) ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 20

| แบบฟอร์ม | เวลาเฉลี่ย (วินาที) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | การสแกน | การกำจัดสัญญาณรบกวน | การประมาณความเอียง | การสร้างโมเดลของแบบฟอร์ม | การสร้างฐานข้อมูลผลเฉลย | การตรวจข้อสอบ |
| รูปแบบที่ 1 | 41.442 | 1.368 | 0.148 | 48.727 | 1.131 | 1.300 |
| รูปแบบที่ 2 | 41.032 | 1.117 | 0.093 | 43.131 | 1.071 | 1.190 |

ก. เวลาเฉลี่ยของการประมวลผล

ตารางที่ 20 (ต่อ)

| ความถูกต้องของการแยกประเภทแบบฟอร์มโดยใช้เส้นตรงในแนวนอน | ร้อยละความถูกต้องของการตรวจ | | | |
|---|---|---|---|---|
| | ดินสอ (อย่างต่ำ HB) | | ปากกา | |
| | กากบาท | ระบายเต็มวง | กากบาท | ระบายเต็มวง |
| ถูกต้องครบ 120 ตัวอย่าง | 96.22 | 100 | 98 | 100 |

ข. ร้อยละของความถูกต้องของการตรวจข้อสอบ

เวลาเฉลี่ยและความถูกต้องของการประมวลผล

Copyright: Graduate School, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, (1997).

จากตารางที่ 20 (ก) เป็นตารางแสดงเวลาเฉลี่ยของการประมวลผล ซึ่งแบ่งออกเป็น

1. เวลาเฉลี่ยของการสแกนต่อหน้าเอกสาร โดยเวลาเฉลี่ยนี้จะเริ่มนับคำสั่งแรกที่เครื่องคอมพิวเตอร์สั่งให้เครื่องสแกนเนอร์สร้างภาพ จนกระทั่งสร้างภาพเสร็จแล้วส่งภาพนั้นกลับมาเก็บไว้ในหน่วยความจำของเครื่องคอมพิวเตอร์ ซึ่งแบบฟอร์มกระดาษคำตอบรูปแบบที่ 2 จะใช้เวลาในการสแกนที่ต่ำกว่าแบบฟอร์มกระดาษคำตอบรูปแบบที่ 1 กล่าวคือ แบบฟอร์มรูปแบบที่ 1 ใช้เวลาการสแกนเฉลี่ย 41.442 วินาที และแบบฟอร์มรูปแบบที่ 2 ใช้เวลาเฉลี่ย 41.032 วินาที

2. เวลาของการประมวลผลขั้นต้นซึ่งประกอบด้วย

2.1 การกำจัดสัญญาณรบกวน เป็นเวลาที่ใช้ในการกำจัดสัญญาณรบกวนโดยใช้อัลกอริธึม kFill โดยกำหนด k=3 ซึ่งแบบฟอร์มกระดาษคำตอบรูปแบบที่ 1 ใช้เวลา 1.368 วินาที และแบบฟอร์มกระดาษคำตอบรูปแบบที่ 2 ใช้เวลา 1.117 วินาที

2.2 การประมาณค่าความเอียงของหน้าเอกสาร โดยแบบฟอร์มกระดาษคำตอบรูปแบบที่ 1 ใช้เวลา 0.148 วินาที และแบบฟอร์มกระดาษคำตอบรูปแบบที่ 2 ใช้เวลา 0.093 วินาที

3. เวลาของการประมวลผลซึ่งประกอบด้วย

3.1 การสร้างโมเดลของแบบฟอร์มกระดาษคำตอบ ซึ่งเวลาในการประมวลผลในขั้นตอนนี้จะประกอบด้วย 1) เวลาของการหาเส้นตรงจากภาพทั้งในแนวนอน และแนวตั้ง 2) เวลาการหาตำแหน่งจุดตัดของเส้นตรงในภาพ 3) เวลาของการหากรอบข้อมูลรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าจากจุดตัดของเส้นตรง 4) เวลาในการนับจำนวนจุดภาพดำในแต่ละฟิลด์ข้อมูลเพื่อหาตำแหน่งของวงกลมแต่ละวง และ 5) เวลาในการเขียนข้อมูลของโมเดลแต่ละแบบฟอร์มลงบนแฟ้มข้อมูล (ฮาร์ดดิสก์) ซึ่งพอรวมเวลาแล้ว แบบฟอร์มที่ 1 ใช้เวลา 48.727 วินาที และแบบฟอร์มที่ 2 ใช้เวลา 43.131 วินาที

3.2 การสร้างฐานข้อมูลของส่วนผลเฉลยคำตอบ ซึ่งเวลาในการประมวลผลในขั้นตอนนี้จะประกอบด้วย 1) เวลาในการหาเส้นตรงในแกนนอน เพื่อแยกประเภทแบบฟอร์ม 2) เวลาในการนับจำนวนจุดภาพดำในวงกลมในฟิลด์รหัสวิชา และฟิลด์คำตอบ และ 3) เวลาในการเขียนข้อมูลของผลเฉลยคำตอบลงบนแฟ้มข้อมูล ซึ่งพอรวมเวลาแล้ว แบบฟอร์มที่ 1 ใช้เวลา 1.131 วินาที และแบบฟอร์มที่ 2 ใช้เวลา 1.071 วินาที

3.3 เวลาของการตรวจข้อสอบ ซึ่งเวลาในการประมวลผลในขั้นตอนนี้จะประกอบด้วย 1) เวลาในการหาเส้นตรงในแกนนอน เพื่อแยกประเภทแบบฟอร์ม 2) เวลาในการนับจำนวนจุดภาพดำในวงกลมในฟิลด์รหัสวิชา ฟิลด์รหัสประจำตัวผู้เข้าสอบ และฟิลด์คำตอบ 3) เวลาในการอ่านข้อมูลผลเฉลยคำตอบ และ 4) เวลาในการเปรียบเทียบเพื่อตรวจนับคะแนน ซึ่งพอรวมเวลาแล้ว แบบฟอร์มที่ 1 ใช้เวลา 1.300 วินาที และแบบฟอร์มที่ 2 ใช้เวลา 1.190 วินาที

Copyright: Graduate School, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, (1997).

ในตารางที่ 20 (ข) แสดงร้อยละของความถูกต้องของการตรวจข้อสอบ ซึ่งให้ผู้เข้าสอบเลือกทำข้อสอบทั้งแบบกากบาท และระบายในวงกลม โดยใช้ดินสออย่างต่ำ HB และปากกา ซึ่งก็ปรากฏว่า ในแต่ละวิธีของการทดลองได้ทดสอบกับภาพอย่างละ 30 ภาพ (ภาพละ 60 ข้อคำตอบ) รวมแล้วในแต่ละวิธีจะทำการตรวจข้อสอบจำนวน 1,800 ข้อ เมื่อแยกพิจารณาผลการทดลองพบว่า

- การทำข้อสอบแบบกากบาทด้วยดินสอ HB พบว่า สามารถตรวจข้อสอบได้ถูกต้องจำนวน 1,732 ข้อ จาก 1,800 ข้อ คิดเป็นร้อยละ 96.22

- การทำข้อสอบแบบกากบาทด้วยปากกา พบว่า สามารถตรวจข้อสอบได้ถูกต้องจำนวน 1,764 ข้อ จาก 1,800 ข้อ คิดเป็นร้อยละ 98

- การทำข้อสอบแบบระบายทั้งด้วยดินสอ HB และปากกา พบว่า สามารถตรวจข้อสอบได้ถูกต้องจำนวน 1,800 ข้อ คิดเป็นร้อยละ 100

## สรุป

จากหลักการที่นำเสนอในการตรวจข้อสอบปรนัยที่ใช้หลักการของการประมวลผลภาพ โดยขั้นตอนในการประมวลจะเป็นแบบกึ่งอัตโนมัติ กล่าวคือ ระบบงานนี้จะต้องการทำงานที่ต้องติดต่อกับผู้ใช้เพียงแค่การสั่งให้คอมพิวเตอร์ควบคุมสแกนเนอร์ และการกำหนดประเภทของฟิลด์ ส่วนที่เหลือนอกจากนั้นจะเป็นการทำงานโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์โดยอัตโนมัติทั้งหมด ทำให้ระบบตรวจข้อสอบข้อสอบปรนัยจะเป็นการนำเสนอหลักการใหม่ ที่อ้างอิงอยู่บนหลักการของการประมวลผลภาพ โดยใช้การนับจำนวนจุดภาพดำที่เกิดขึ้นในแต่ละพื้นที่ ซึ่งในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ก็คือ จำนวนจุดภาพดำที่เกิดขึ้นในแต่ละวงกลมในแต่ละฟิลด์ที่สนใจพิจารณาในการตรวจข้อสอบแล้วนำตำแหน่งของวงกลมที่มีจำนวนจุดภาพดำมากที่สุดไปเปรียบเทียบกับข้อมูลในฟอร์มไลบรารีและฐานข้อมูลของส่วนผลเฉลยคำตอบ เพื่อวิเคราะห์หารูปแบบของแบบฟอร์มกระดาษคำตอบ รหัสวิชา รหัสประจำตัวผู้เข้าสอบ และทำการตรวจข้อสอบในท้ายที่สุด ซึ่งก็ปรากฏว่าหลักการที่นำเสนอในการตรวจข้อสอบปรนัยมีความยืดหยุ่น รวดเร็ว และน่าเชื่อถือ

Copyright: Graduate School, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, (1997).

# บทที่ 7

# สรุปผลและข้อเสนอแนะ

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการนำเสนอกระบวนการตรวจข้อสอบปรนัยที่ใช้หลักการของการประมวลผลภาพด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ เพื่อทดแทนการตรวจข้อสอบระบบแสงที่มีใช้อยู่ในปัจจุบันที่ยังขาดความยืดหยุ่นในการตรวจ อีกทั้งราคาตัวเครื่องตรวจข้อสอบก็ยังมีราคาที่ค่อนข้างสูง ระบบงานที่นำเสนอจะเป็นการทำงานของเครื่องคอมพิวเตอร์ร่วมกับเครื่องสแกนเนอร์ที่มีระบบป้อนกระดาษอัตโนมัติ (Auto Feeder Scanner) สแกนภาพไบนารี โดยใช้ความละเอียดของการสแกน 75 จุดต่อนิ้ว จากนั้นก็พัฒนาอัลกอริธึมของการประมวลผลภาพ และการประมวลผลแบบฟอร์ม เพื่อการปรับปรุงคุณภาพของภาพเอกสาร สร้างโมเดลของแบบฟอร์มกระดาษคำตอบ การสร้างฐานข้อมูลส่วนผลเฉลยคำตอบ และการตรวจข้อสอบ

การปรับปรุงคุณภาพของภาพเอกสาร จะประกอบด้วยการกำจัดสัญญาณรบกวนด้วยอัลกอริธึมของ kFill โดยเลือกค่า k = 3 และการแก้ความเอียงของหน้าเอกสาร

การสร้างโมเดลของแบบฟอร์มกระดาษคำตอบ จะเป็นกระบวนการที่พยายามทำให้คอมพิวเตอร์มีความเข้าใจถึงโครงสร้างของแบบฟอร์มแต่ละประเภทแล้วเก็บไว้ในฟอร์มไลบรารี

การสร้างฐานข้อมูลส่วนผลเฉลยคำตอบ จะเป็นกระบวนการที่จะสร้างฐานความรู้เพิ่มเติมให้กับคอมพิวเตอร์ ให้เข้าใจว่าผลเฉลยของแต่ละข้อสอบในแต่ละรหัสวิชานั้นเป็นข้อใด โดยในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้เสนอให้มีการนับจำนวนจุดภาพดำในวงกลมแต่ละวง แล้วสร้างเป็นลิสต์ของผลเฉลย

การตรวจข้อสอบ ในวิทยานิพนธ์นี้เสนอกระบวนการในการตรวจข้อสอบ โดยใช้การเปรียบเทียบระหว่างลิสต์ของส่วนผลเฉลยคำตอบกับลิสต์ตัวเลือกคำตอบที่อินพุตเข้ามา

จากผลการทดลองพบว่าวิธีที่นำเสนอสามารถตรวจข้อสอบได้รวดเร็ว ถูกต้อง มีความยืดหยุ่น มีความน่าเชื่อถือ และเป็นระบบตรวจข้อสอบปรนัยราคาถูก กล่าวคือ ในรูปแบบกระดาษคำตอบที่ 1 ใช้เวลาในการตรวจประมาณ 1.300 วินาที ส่วนรูปแบบกระดาษคำตอบที่ 2 ใช้เวลาในการตรวจประมาณ 1.190 วินาที โดยเวลานี้ไม่รวมเวลาของการประมวลผลขั้นต้น แต่เป็นเวลาของการประมวลผลตั้งแต่การแยกประเภทแบบฟอร์ม การอ่านข้อมูลจากฟอร์มไลบรารี และฐานข้อมูลส่วนผลเฉลยคำตอบ การสร้างลิสต์คำตอบ รวมทั้งเวลาของการเปรียบเทียบเพื่อนับคะแนน

Copyright: Graduate School, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, (1997).

ส่วนความถูกต้องของการตรวจคำตอบทำการวัดออกมาเป็นร้อยละ พบว่าจากแบบฟอร์มกระดาษคำตอบ 30 ตัวอย่างต่อหนึ่งวิธีที่ทำการทดลองพบว่า ถ้าเป็นการทำข้อสอบโดยการกากบาทด้วยดินสออย่างต่ำ HB จะให้ค่าความถูกต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 96 ถ้าเป็นการทำข้อสอบโดยการกากบาทด้วยปากกา จะให้ค่าความถูกต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 98 แต่ถ้าเป็นการระบายเต็มวงกลมไม่ว่าจะทำด้วยดินสอ หรือปากกาจะให้ค่าความถูกต้องทั้งหมด

## ปัญหาที่พบและข้อเสนอแนะ

ปัญหาที่พบของระบบตรวจข้อสอบปรนัยที่ใช้หลักการของการประมวลผลภาพ คือ

1. ปัญหาคุณภาพของภาพเอกสารที่ได้จากการสแกนภาพทางสแกนเนอร์ไม่ดีพอ เช่น แนวเส้นตรงไม่ชัดเจนทำให้ไม่สามารถวิเคราะห์หาประเภทของแบบฟอร์มที่สแกนเข้ามาได้ หรือการเกิดกลุ่มสัญญาณรบกวนบนภาพเอกสารที่มีขนาดโตเกินไป (จนบางครั้งไม่สามารถขจัดออกไปได้) ทำให้เกิดฮิสโตแกรม 2 กลุ่ม คือกลุ่มที่ผู้เข้าสอบระบายจริง กับกลุ่มสัญญาณรบกวน ซึ่งจะทำให้โปรแกรมแปลความหมายผิดจากความเป็นจริงไป

2. เดิมระบบตรวจข้อสอบปรนัยเป็นระบบที่พัฒนาขึ้นให้ทำงานภายใต้ระบบปฏิบัติการดอส โดยภาพเอกสารที่ใช้ในการทดลองจะต้องทำการสแกนไว้ล่วงหน้าโดยเก็บไว้ในรูปของอิมเมจไฟล์ประเภท TIFF (Tag Image File Format) แล้วใช้ตัวแปลภาษาซี (Borland C For Dos) เป็นคอมไพล์เลอร์สำหรับสร้างโปรแกรมเพื่อการอ่านและประมวลผลภาพ TIFF ซึ่งจากระบบงานเดิมนี้จะยังไม่มีความสมบูรณ์ในตัวเอง ทั้งนี้เพราะในการตรวจข้อสอบยังเป็นแบบออฟไลน์ (OffLine Processing) ผู้วิจัยต้องการให้ระบบงานนี้มีความยืดหยุ่นในการตรวจข้อสอบ ที่สามารถตรวจข้อสอบโดยใช้ภาพที่ได้จากสแกนเนอร์โดยตรง โดยระบบงานใหม่นี้จะทำงานภายใต้ระบบปฏิบัติการวินโดว์สที่สามารถจัดการอุปกรณ์รอบข้าง รวมทั้งหน่วยความจำได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้ระบบงานใหม่มีความน่าใช้มากขึ้น

3. ปัญหาจากการสร้างภาพของสแกนเนอร์ที่ใช้เวลามากเกินไปจนทำให้ผู้ใช้โปรแกรมอาจเกิดความรำคาญ และไม่อยากจะใช้โปรแกรมตรวจข้อสอบที่นำเสนอนี้

Copyright: Graduate School, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, (1997).

# บรรณานุกรม


[1] ทัศนีย์ ชังเทศ และ สมภพ ถาวรยิ่ง. *การวิเคราะห์การถดถอยและสหสัมพันธ์,* โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, กรุงเทพฯ, 2530.

[2] ยุทธพงษ์ รังสรรค์เสรี และ กฤษณะ ชินสาร. “การประมาณค่าความเอียงหน้าเอกสารสิ่งพิมพ์,” *วารสารสารสนเทศลาดกระบังฉบับที่ 2.*

[3] ยุทธพงษ์ รังสรรค์เสรี, กฤษณะ ชินสาร และ ประพนธ์ รักประธานพร. “ระบบตรวจข้อสอบปรนัยที่ใช้หลักการของการประมวลผลภาพ,” วารสารวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย. (รอการพิจารณา)

[4] ยุทธพงษ์ รังสรรค์เสรี ปัญญา ฐิติมัชฌิมา กฤษณะ ชินสาร และ เสกสรรค์ พลศรี. “การสร้างโมเดลและการจำแนกแบบฟอร์มสำเร็จรูป,” *การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้าครั้งที่ 20* (ผ่านการพิจารณาให้ตีพิมพ์แล้ว)

[5] A. Dengel, “ANASTASIL : A System for Low-level and High-level Geometric Analysis of printed documents,” In *Structured Document Image Analysis,* H.S. Baird., H. Bunke., and K. Yamamoto. eds., Springer-Verlag, pp. 70-98, 1992.

[6] A.Ting, M.K. Leung, S.C. Hui, and K.Y. Chan, “A Syntactic Business Form Classifier,” *Proc. of the third International Conference on Document Analysis and Recognition.* Vol. 1, pp. 301-304, 1995.

[7] H.S. Baird, “The Skew of printed documents,” *Proc. of Society of Photographic Scientists and Engineers*, Vol.40, pp. 21-24, 1987.

[8] G.A. Baxes, *Digital Image Processing : Principles and Applications,* John Wiley & Sons, 1994.

[9] J.Liu, X. Ding, and Y. Wu, “Description and Recognition of Form and Automated Form Data Entry,” *Proc. of the third, International Conference on Document Analysis and Recognition.* Vol. 2, pp. 579-582, 1995.

[10] J. Lowell., “How to use TWAIN Scanners in Borland’s Delphi,” http://www.visi.com/~jlowell/delphi_twain.html.

[11] L.O’Gormam and R.Kasturi. *Document Image Analysis*. IEEE Computer Society Press, 1995.


Copyright: Graduate School, King Mongkut’s Institute of Technology Ladkrabang, (1997).

[12] M. Sonka, V. Hlavac, and R. Boyle, *Image Processing, Analysis and Machine Vision,* Chapman & Hall Computing, Boundary Row, London, 1993.

[13] P.M. Embree and B.Kimble, *C Language Algorithms for Digital Signal Processing* Prentice Hall, New Jersey, 1991.

[14] R. Casey, D. Ferguson, K. Mohiuddin and E. Walach,"Intellegent Form Processing Systems," *Machine Vision and Application,* Vol. 5, pp.143-155, 1992.

[15] R.C. Gonzalez and R.E. Woods, *Digital Image Processing,* Addison-Wesley, 1992.

[16] R.M. Haralick and L.G. Shapiro, C*omputer and Robot Vision Volume 1,* Addison-Wesley, 1992.

[17] S.L. Taylor, R. Fritzon and J.A. Pastor, "Extraction of Data form Preprinted Form," *Machine Vision Application.* Vol. 5, pp. 211-222, 1992.

[18] T. Watanabe et al., "Layout Recognition of Multi-Kinds of Table-Form Documents," *IEEE Transection on Pattern Analysis and Machine Intellegence.* Vol. 17, No. 4, pp.432-445, 1995.

Copyright: Graduate School, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, (1997).

# ภาคผนวก

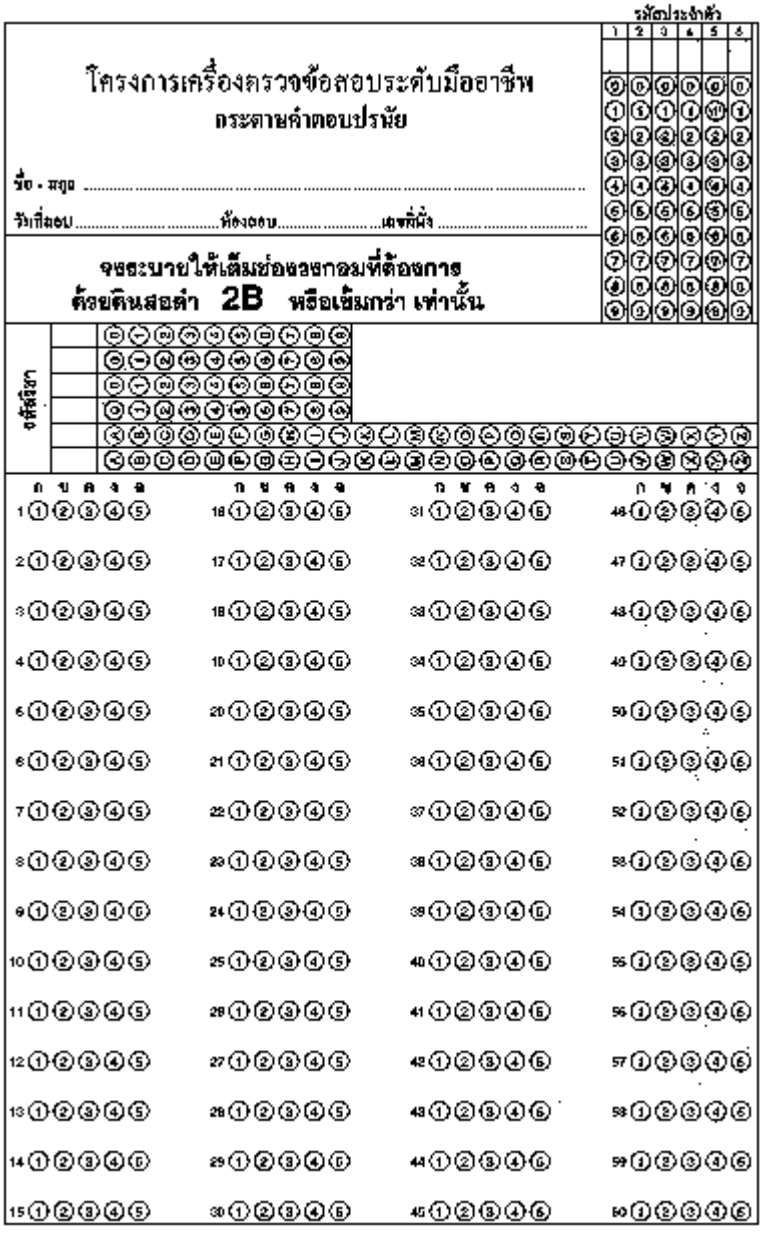
Copyright: Graduate School, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, (1997).

## แบบฟอร์มกระดาษคำตอบปรนัย

ในระบบตรวจข้อสอบปรนัยที่ใช้หลักการประมวลผลภาพในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ได้สร้างแบบฟอร์มกระดาษคำตอบไว้ 2 รูปแบบที่มีโครงสร้างภายในใกล้เคียงกัน แสดงในภาพที่ 43 และ 44

Copyright: Graduate School, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, (1997).

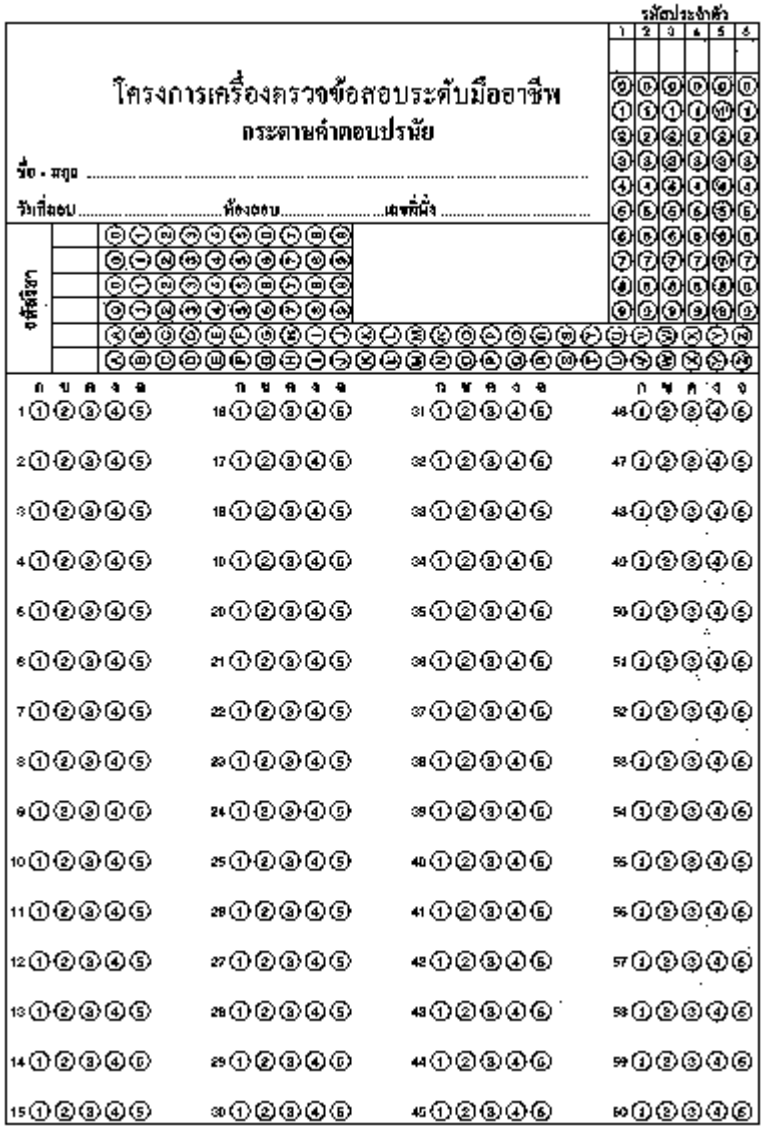
ภาพที่ 43




แบบฟอร์มกระดาษคำตอบข้อสอบปรนัยรูปแบบที่ 1

Copyright: Graduate School, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, (1997).

ภาพที่ 44




แบบฟอร์มกระดาษคำตอบข้อสอบปรนัยรูปแบบที่ 2

Copyright: Graduate School, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, (1997).

# คุณสมบัติของระบบตรวจข้อสอบปรนัยอัตโนมัติ

ในระบบตรวจข้อสอบปรนัยอัตโนมัติที่นำเสนอในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นระบบตรวจข้อสอบที่ใช้หลักการของการประมวลผลภาพ โดยการทำงานร่วมกันระหว่างไมโครคอมพิวเตอร์กับเครื่องสแกนเนอร์ มีคุณสมบัติของระบบตรวจข้อสอบที่น่าสนใจ ดังนี้

1. โปรแกรมตรวจข้อสอบปรนัยที่พัฒนาขึ้น เป็นระบบตรวจข้อสอบที่สามารถใช้งานได้จริง ทำงานภาพใต้ระบบปฏิบัติการวินโดว์ส โดยประกอบด้วยฮาร์ดแวร์ 2 ชนิด คือ เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ และเครื่องสแกนเนอร์ที่มีระบบป้อนกระดาษอัตโนมัติ
2. มีการปรับปรุงคุณภาพของภาพเอกสารก่อนการประมวลผลภาพจริง
3. สามารถตรวจข้อสอบได้ไม่จำกัดแบบฟอร์มภาพใต้ขอบเขตที่กำหนด
4. สามารถตรวจข้อสอบทั้งแบบการกากบาท และระบายในวงกลม โดยใช้ดินสอหรือปากกา
5. เหมาะกับการใช้งานตรวจข้อสอบในองค์กรขนาดเล็ก
6. การตรวจข้อสอบมีความถูกต้อง รวดเร็ว ยืดหยุ่น และผลลัพธ์ที่ได้มีความน่าเชื่อถือ

Copyright: Graduate School, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, (1997).

# ประวัติผู้เขียน

| | |
|---|---|
| ชื่อผู้เขียน | นายกฤษณะ ชินสาร |
| วันเดือนปีเกิด | 25 มิถุนายน 2513 |
| สถานที่เกิด | จังหวัดนครพนม |
| การศึกษาระดับปริญญาตรี | วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาสถิติ<br>คณะวิทยาศาสตร์<br>มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ วิทยาเขตมหาสารคาม<br>ปีการศึกษา 2535 |
| ประสบการณ์ | 2539 อาจารย์พิเศษสาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์<br>มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ<br>2539 ผู้ช่วยนักวิจัย สำนักวิจัยและบริการคอมพิวเตอร์<br>สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง |
| ผลงานวิชาการ | ยุทธพงษ์ รังสรรค์เสรี และกฤษณะ ชินสาร. “การประมาณค่าความเอียงหน้าเอกสาร” วารสารสารสนเทศลาดกระบัง ฉบับที่ 2<br>ยุทธพงษ์ รังสรรค์เสรี, กฤษณะ ชินสาร และ ประพนธ์ รักประธานพร. “ระบบตรวจข้อสอบปรนัยที่ใช้หลักการของการประมวลผลภาพ,” วารสารวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย. (รอการพิจารณา)<br>ยุทธพงษ์ รังสรรค์เสรี ปัญญา ฐิติมัชฌิมา กฤษณะ ชินสาร และ เสกสรรค์ พลศรี. “การสร้างโมเดลและการจำแนกแบบฟอร์มสำเร็จรูป,” การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้าครั้งที่ 20 (ผ่านการพิจารณาให้ตีพิมพ์แล้ว) |

Copyright: Graduate School, King Mongkut’s Institute of Technology Ladkrabang, (1997).