

## ของฝากสำหรับโปรแกรมเมอร์ ตอน การอ่านและการวิเคราะห์ เครื่องหมายบนกระดาษคำตอบ

สมศักดิ์ คงแสง

วท.ม. (วิทยาการคอมพิวเตอร์), อาจารย์

ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่

E-Mail: somsak.k@psu.ac.th

### บทนำ

ในการเรียนการสอนนั้น การวัดผลหรือการทดสอบเป็นสิ่งสำคัญที่จะต้องปฏิบัติอยู่เสมอ วิธีการทดสอบอย่างหนึ่งที่มักจะทำกันอยู่บ่อย ๆ คือการทดสอบที่ใช้ข้อสอบแบบหลายตัวเลือก ให้ผู้สอบเลือกตอบลงในกระดาษคำตอบ จากนั้นอาจารย์ก็นำกระดาษคำตอบเหล่านั้นไปตรวจ เพื่อประเมินผลว่าผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาที่อาจารย์สอนหรือไม่ จะต้องเพิ่มเติมแก้ไขเนื้อหาหรือเสริมส่วนใดอีกบ้างที่ผู้เรียนส่วนใหญ่ยังไม่เข้าใจ หากผู้เรียนมีจำนวนมาก กระดาษคำตอบที่ต้องนำมาตรวจก็จะต้องมีจำนวนมากและอาจารย์จะต้องใช้เวลาในการตรวจมากด้วยเช่นเดียวกัน ฉะนั้นอาจารย์ผู้สอนก็จะไม่สามารถทดสอบประเมินผลสิ่งที่สอนไปแล้วนั้นได้บ่อย ๆ เว้นเสียแต่ว่าวิธีการตรวจนั้น

ทำได้เร็ว เช่น ใช้เครื่องตรวจข้อสอบที่มีความเร็วสูง แต่ต้องซื้อกระดาษคำตอบเฉพาะเครื่องเหล่านั้นมาใช้ ในปัจจุบันนี้เครื่องสแกนเนอร์แบบป้อนกระดาษอัตโนมัติ (Auto Feed) สามารถอ่านภาพเก็บไว้ในเครื่องคอมพิวเตอร์ได้เร็ว ดังนั้นถ้าให้อาจารย์ผู้สอนสามารถสร้างต้นแบบกระดาษคำตอบเพื่อใช้สอบ และนำกระดาษคำตอบเหล่านั้นเข้าเครื่องสแกนเนอร์แบบป้อนกระดาษอัตโนมัติ เพื่อนำภาพเข้าสู่เครื่องคอมพิวเตอร์แล้วใช้โปรแกรมการอ่านและการวิเคราะห์เครื่องหมายบนภาพกระดาษคำตอบดังกล่าวเพื่อตรวจคำตอบ จะช่วยให้อาจารย์ปฏิบัติการเกี่ยวกับ การตรวจข้อสอบได้เร็วขึ้น

## ลักษณะของกระดาษคำตอบ

กระดาษคำตอบเป็นส่วนที่มีความสำคัญในการใช้เครื่องตรวจหาเครื่องหมายบนกระดาษคำตอบ จึงจำเป็นต้องมีการออกแบบเพื่อรองรับการนำกระดาษคำตอบเข้าเครื่องสแกนเนอร์และคอมพิวเตอร์ สำหรับการใช้โปรแกรมการอ่านและการวิเคราะห์ภาพกระดาษคำตอบนั้น ในการสอบแต่ละครั้งจำเป็นต้องใช้กระดาษคำตอบชนิดเดียวกันทั้งหมด เพราะการอ่านและการวิเคราะห์กระดาษคำตอบจะต้องใช้รูปแบบเดียวกัน กระดาษคำตอบเหล่านี้ อาจารย์ผู้สอนสามารถออกแบบได้เองตามจำนวนข้อที่ต้องการ โดยแต่ละช่องคำตอบของแต่ละข้อจะต้องมีขนาดเท่ากัน และจะต้องมีการกำหนดตำแหน่งจุดอ้างอิงเพื่อการอ่านและการวิเคราะห์ ดังรูปที่ 1 ซึ่งมีรูปเครื่องหมายบวกทั้ง 4 มุม ใช้สำหรับกำหนดเป็นตำแหน่งจุดอ้างอิง (ใช้เป็นตำแหน่งจุดอ้างอิงเพียง 2 จุด แต่เพื่อความสวยงามออกแบบไว้ 4 จุด)

รูปที่ 1 แสดงตัวอย่างการออกแบบกระดาษคำตอบ

กระดาษคำตอบที่ใช้ ควรเป็นกระดาษที่มีเนื้อกระดาษสีขาว หนาพอสมควร เช่น 90 แกรม เพื่อไม่ก่อให้เกิดปัญหาในการนำกระดาษคำตอบเข้าเครื่องสแกนเนอร์สำหรับการอ่านและการวิเคราะห์มีส่วนที่สำคัญ 3 ส่วน คือ เลขรหัสประจำตัวสอบ จำนวนข้อคำตอบ และตำแหน่งจุดอ้างอิง ส่วนข้อความอื่น ๆ สามารถเพิ่มเติมได้ตามความเหมาะสม มีไว้เพื่อการตรวจสอบด้วยสายตา ในกรณีที่ปัญหาสามารถตรวจสอบได้ เช่น วิชา วันที่ ชื่อ และสกุล

การทำเครื่องหมายบนกระดาษคำตอบควรใช้การกากบาทให้เต็มช่องในกรอบที่ถูกต้อง โดยใช้ปากกาหรือดินสอสีเข้ม

การทำเครื่องหมายในช่องเลขรหัสประจำตัวสอบ สำหรับกระดาษคำตอบตามตัวอย่างที่แสดงไว้ใช้กับจำนวนผู้เข้าสอบไม่เกิน 1,000 คน และการกำหนดเลขรหัสประจำตัวสอบได้เพียง 3 ตำแหน่ง ในช่อง A ใช้สำหรับการเขียนตัวเลข ส่วนช่อง 0 – 9 ใช้สำหรับทำเครื่องหมายกากบาทให้ตรงกับสิ่งที่เขียนในช่อง A ตัวอย่างเช่น นักเรียนมีเลขรหัสประจำตัวสอบ 538 สามารถทำเครื่องหมายได้ดังรูปที่ 2

| A | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 5 |   |   |   |   |   | X |   |   |   |   |
| 3 |   |   |   | X |   |   |   |   |   |   |
| 8 |   |   |   |   |   |   |   |   | X |   |

รูปที่ 2 แสดงการทำเครื่องหมายเลขรหัสประจำตัวสอบ

การทำเครื่องหมายในช่องคำตอบ ตามตัวอย่างกระดาษคำตอบสามารถใช้ได้กับข้อสอบจำนวนไม่เกิน 40 ข้อ โดยการตอบนั้นควรใช้การกากบาทเช่นเดียวกัน และในกรณีที่ต้องการเปลี่ยนคำตอบควรลบคำตอบเดิมทิ้งให้สะอาด หรือกากบาทหลาย ๆ เส้นบนคำตอบเดิมที่ต้องการยกเลิก เพื่อจะไม่ให้เป็นคำตอบซ้ำ ซึ่งการทำงานในส่วนนี้จะต้องเขียนโปรแกรมตรวจสอบว่ามีการทำเครื่องหมายเลือกตอบมากกว่า 1 คำตอบในข้อเดียวกันหรือไม่

| ข้อ | ก | ข | ค | ง   | จ |
|-----|---|---|---|-----|---|
| 1   |   |   |   |     | X |
| 2   |   |   | X |     |   |
| 3   | X |   |   | ### |   |
| 4   |   |   | X |     |   |

รูปที่ 3 แสดงการทำเครื่องหมายในช่องคำตอบ

### การสร้างต้นแบบ

จากแนวความคิดที่ต้องการให้อาจารย์สามารถออกแบบกระดาษคำตอบได้เอง เพื่อประหยัดค่าใช้จ่าย และเพื่อความสะดวกในการทำงาน ผู้เขียนบทความจึงมีความเห็นว่า โปรแกรมการอ่านและการวิเคราะห์กระดาษคำตอบควรอำนวยความสะดวกให้อาจารย์สามารถสร้างต้นแบบกระดาษคำตอบได้เอง โดยอาศัยตำแหน่งจุดอ้างอิงบนกระดาษคำตอบ ดังรูปที่ 1

ในการนำภาพกระดาษคำตอบเข้าสู่เครื่องคอมพิวเตอร์โดยใช้เครื่องสแกนเนอร์ ภาพที่ต้องการจะต้องให้อยู่ในแนวระดับเดียวกัน แต่ในความเป็นจริงภาพที่ได้จากเครื่องสแกนเนอร์มักจะไม่อยู่ในแนวระดับเดียวกัน อาจจะเอียงไปทางซ้ายหรือเอียงไปทางขวาบ้างเล็กน้อย ดังนั้นเพื่อให้การกำหนดตำแหน่งของคำตอบและตำแหน่งของเลขรหัสประจำตัวสอบ สามารถอ้างอิงได้เหมือนกันทุก ๆ แผ่น สามารถทำได้โดยการอ้างอิงกับจุด 2 จุดบนกระดาษคำตอบแผ่นเดียวกัน อาจจะเลือก 2 จุดใดก็ได้ แต่จะต้องเป็นจุดที่มีตำแหน่งเดียวกันทุก ๆ แผ่นบนกระดาษคำตอบชุดนั้น ในที่นี้ผู้เขียนบทความขอเสนอจุดที่ทำเครื่องหมายบวกมุมบนของกระดาษคำตอบ 2 จุดคือ ด้านซ้าย และด้านขวา

การค้นหาคำแหน่งคำตอบ และตำแหน่งเลขรหัสประจำตัวสอบซึ่งเป็นบริเวณพื้นที่เป้าหมาย สามารถทำ

ได้โดยการคำนวณหาระยะห่างจากตำแหน่งจุดอ้างอิงกับจุดเป้าหมาย ดังเช่นต้องการค้นหาตัวเลือกคำตอบ ก ในข้อ 1 ทำได้โดยการกำหนดจุดเป้าหมาย 2 จุด เป็นจุดมุมบนด้านซ้าย และจุดมุมล่างด้านขวาของตัวเลือกคำตอบ ก ดังรูปที่ 4 ดังนั้นการค้นหาคำแหน่งคำตอบและตำแหน่งเลขรหัสประจำตัวสอบทุกตำแหน่ง จะต้องใช้หลักการค้นหาแบบเดียวกันทั้งหมด

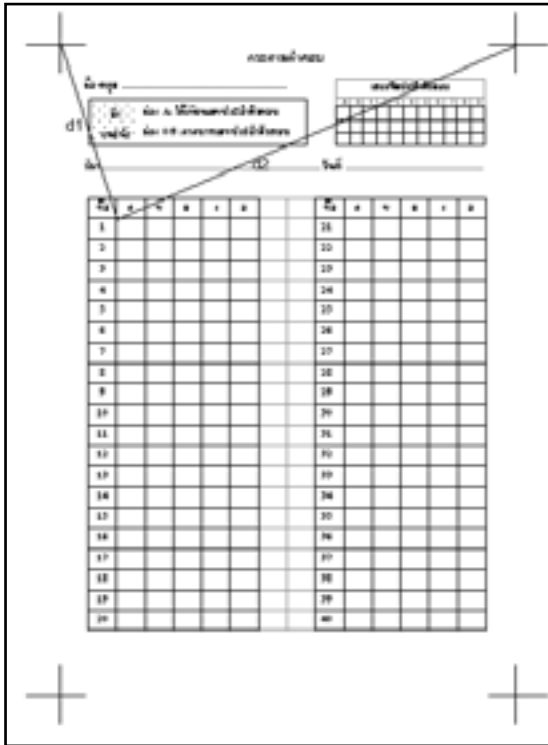
| ข้อ | ก | ข | ค | ง | จ |
|-----|---|---|---|---|---|
| 1   |   |   |   |   |   |
| 2   |   |   |   |   |   |

รูปที่ 4 แสดงการกำหนดจุดเป้าหมายตัวเลือกคำตอบ ก ในข้อ 1

การสร้างต้นแบบมีการคำนวณหาระยะห่างจากจุดที่ทำเครื่องหมายบนกระดาษคำตอบกับตำแหน่งจุดอ้างอิงเพื่อนำไปใช้ในการค้นหาคำแหน่งของการทำเครื่องหมายบนกระดาษคำตอบทุก ๆ แผ่น ดังนั้นระยะห่างที่คำนวณได้นี้จะต้องเก็บไว้ และนำไปใช้ในการวิเคราะห์การทำเครื่องหมายบนกระดาษคำตอบ โดยจุดเป้าหมาย 1 จุดจะมีระยะห่างจากตำแหน่งจุดอ้างอิง 2 ค่า คือ ค่า d1 และค่า d2 ดังรูปที่ 5

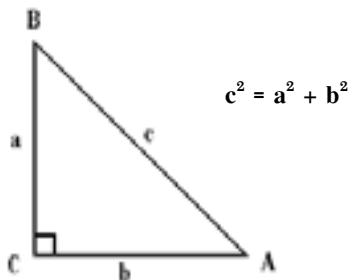
ในการเก็บข้อมูลต้นแบบนอกจากจะเก็บระยะห่างระหว่างตำแหน่งจุดอ้างอิงกับจุดเป้าหมายแล้ว ส่วนที่สำคัญอีกอย่าง คือค่าสีพื้นของกระดาษคำตอบ ซึ่งจะต้องเก็บค่านี้ไว้ด้วยเช่นเดียวกัน และกระดาษคำตอบทุกแผ่นจะต้องใช้กระดาษที่มีสีพื้นแบบเดียวกันด้วย

สำหรับการทำเครื่องหมายบนกระดาษคำตอบ เช่น การใช้เครื่องหมายกากบาทเลือกคำตอบ หรือยกเลิกคำตอบ จะต้องเก็บค่ามาตรฐานของจำนวนจุดสีไว้ด้วยเช่นเดียวกันเพื่อนำไปใช้เปรียบเทียบในระหว่างการวิเคราะห์การทำเครื่องหมาย



รูปที่ 5 แสดงระยะห่างระหว่างตำแหน่งจุดอ้างอิงกับจุดเป้าหมาย

การคำนวณหาระยะห่างระหว่างตำแหน่งจุดอ้างอิงกับจุดเป้าหมายทำได้โดยใช้ทฤษฎีบทของพีทาโกรัส (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2533 : 80) ซึ่งกล่าวไว้ว่า “ถ้า ABC เป็นรูปสามเหลี่ยมมุมฉาก ซึ่งมี ACB เป็นมุมฉาก c แทนความยาวของด้านตรงข้ามมุมฉาก a และ b แทนความยาวของด้านประกอบมุมฉาก จะได้ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวของด้านทั้งสามของสามเหลี่ยมมุมฉาก ABC ดังนี้”



รูปที่ 6 แสดงองค์ประกอบสามเหลี่ยมมุมฉาก

## การวิเคราะห์การทำเครื่องหมาย

การทำเครื่องหมายบนกระดาษคำตอบ สีที่ทำเครื่องหมายจะมีสีต่างไปจากสีพื้นของกระดาษคำตอบ ดังนั้นการตรวจสอบทำได้โดยการตรวจสอบสีในบริเวณพื้นที่เป้าหมาย จากแนวความคิดของผู้เขียนบทความ สามารถหาได้จากจุดมุมบนด้านซ้ายและจุดมุมล่างด้านขวาของบริเวณพื้นที่เป้าหมาย (ดูรูปที่ 4 ประกอบ) ถ้าสีที่ได้ต่างไปจากสีพื้นของกระดาษคำตอบแสดงว่ามีการทำเครื่องหมายแล้ว

สำหรับการตรวจสอบการทำเครื่องหมายในแต่ละข้อคำถาม จะต้องตรวจสอบทุก ๆ คำตอบ (ก ข ค ง และ จ) เพื่อตรวจสอบว่ามีการทำเครื่องหมายแบบหลายคำตอบหรือไม่ และมีการยกเลิกการเลือกคำตอบหรือไม่ โดยการเปรียบเทียบกับค่าจำนวนจุดสีมาตรฐานที่เก็บไว้แล้ว

ในการเขียนโปรแกรมด้วยภาษา Visual Basic 6.0 การอ่านค่าสีของภาพ ตำแหน่งจุดเป้าหมายที่ต้องการใช้คำสั่ง Point (สุทธิศักดิ์ พงษ์ธนาพาณิชย์, 2544 : 135-137) ซึ่งมีรูปแบบคำสั่งดังนี้

ColorValue = PictureObject.Point (x, y)

การคำนวณหาค่าจำนวนจุดสีในบริเวณพื้นที่เป้าหมาย จะต้องนำค่าสีของทุก ๆ พิกเซล (Pixel) ที่ต่างจากสีพื้นมารวมกันจะได้เป็นจำนวนจุดสี แล้วนำไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานในการตัดสินใจผู้สอบเลือกคำตอบใด

## ตัวอย่างโปรแกรมสร้างต้นแบบกระดาษคำตอบ

สำหรับลักษณะการทำงานของโปรแกรมสร้างต้นแบบกระดาษคำตอบ และเก็บค่าไว้เพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์กระดาษคำตอบ โดยกระดาษคำตอบที่ใช้ นั้นจะต้องเป็นชุดเดียวกัน สามารถสร้างโปรแกรมให้ทำงานได้ดังตัวอย่างรูปที่ 7 ซึ่งอำนวยความสะดวกให้อาจารย์ผู้สอนเปิดภาพกระดาษคำตอบที่ใช้ในการสอบนำมาสร้างเป็นต้นแบบกระดาษคำตอบ มีการกำหนดค่าสีกระดาษคำตอบ กำหนดค่ามาตรฐานจำนวนจุดสีที่เลือกและยกเลิก กำหนดจุดอ้างอิง กำหนดเป้าหมายเลขรหัส

ประจำตัวสอบ กำหนดเป้าหมายตัวเลือกคำตอบ และเก็บค่าทั้งหมดไว้เพื่อใช้ในการวิเคราะห์กระดาษคำตอบต่อไป



รูปที่ 7 แสดงการทำงานของโปรแกรมสร้างต้นแบบ

|    | 1        | 2      | 3       | 4      | 5    |
|----|----------|--------|---------|--------|------|
| 1  | 16777235 | 171    | 494     | 454    | 1640 |
| 2  | 144      | 170    | 1500    | 168    |      |
| 3  | 794181   | 275069 | 871012  | 253676 |      |
| 4  | 855061   | 237469 | 945092  | 219176 |      |
| 5  | 928772   | 202696 | 1022372 | 187976 |      |
| 6  | 1006421  | 171869 | 1102852 | 159976 |      |
| 7  | 1086901  | 143869 | 1188865 | 134597 |      |
| 8  | 1172714  | 118490 | 1273412 | 113576 |      |
| 9  | 1257461  | 97469  | 1363482 | 95176  |      |
| 10 | 1347541  | 79069  | 1453145 | 79637  |      |
| 11 | 1443194  | 63530  | 1543252 | 67976  |      |
| 12 | 1537301  | 51869  | 1634001 | 59357  |      |
| 13 | 1630132  | 391176 | 1724005 | 272725 |      |
| 14 | 171012   | 253576 | 1814085 | 238325 |      |
| 15 | 1805092  | 219176 | 1904365 | 207125 |      |
| 16 | 1892372  | 187976 | 1994845 | 179125 |      |

รูปที่ 8 แสดงค่าต้นแบบที่เก็บไว้เพื่อใช้ในการวิเคราะห์กระดาษคำตอบ

จากภาพค่าต้นแบบที่เก็บไว้เพื่อใช้ในการวิเคราะห์กระดาษคำตอบ ในบรรทัดแรกมีตัวเลข 5 ชุดคือค่าสี่พื่นกระดาษคำตอบ ค่าจำนวนจุดสีของเลขรหัสประจำตัวสอบที่เลือก ค่าจำนวนจุดสีของเลขรหัสประจำตัวสอบที่ยกเลิก ค่าจำนวนจุดสีของคำตอบที่เลือก และค่าจำนวนจุดสีของคำตอบที่ยกเลิก

บรรทัดที่ 2 เป็นค่าการหาตำแหน่งจุดอ้างอิงของกระดาษคำตอบที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ ซึ่งประกอบไปด้วย 4 ค่า คือ ค่า X และค่า Y ของการหาตำแหน่งจุดอ้างอิงจุดที่ 1 และจุดที่ 2 ตามลำดับ

ข้อมูลในบรรทัดที่เหลือทั้งหมดเป็นระยะห่างจากตำแหน่งจุดอ้างอิงถึงจุดเป้าหมายยกกำลังสองของแต่ละจุด (ดูรูปที่ 4 - 6 ประกอบ) โดยในแต่ละพื้นที่เป้าหมายมีการเก็บระยะห่าง 2 จุด คือจุดมุมบนด้านซ้ายและมุมล่างด้านขวา ในการเก็บระยะห่างจุดเป้าหมาย 1 จุด จะมีการเก็บ 2 ค่า คือ d1 และ d2

### ตัวอย่างโปรแกรมการอ่านและวิเคราะห์กระดาษคำตอบ

เมื่อเครื่องสแกนเนอร์นำภาพกระดาษคำตอบเก็บในเครื่องคอมพิวเตอร์ โปรแกรมการอ่านและการวิเคราะห์กระดาษคำตอบ จะทำการประมวลผลเพื่อให้ทราบว่าผู้สอบเลือกคำตอบใดจากข้อคำถามแต่ละข้อ ส่วนการนับจำนวนข้อสอบที่ตอบได้ถูกต้องนั้นสามารถทำได้โดยการนำคำตอบที่ผู้สอบเลือกแต่ละข้อเปรียบเทียบกับเฉลยที่สามารถบอกได้ว่า ผู้สอบแต่ละคนทำข้อสอบได้กี่ข้อหรือได้กี่คะแนน



รูปที่ 9 แสดงตัวอย่างการวิเคราะห์กระดาษคำตอบ

วิธีการวิเคราะห์กระดาษคำตอบทำได้โดยเริ่มต้นจากการอ่านค่าต้นแบบกระดาษคำตอบ คำนวณหาตำแหน่งจุดอ้างอิงบนกระดาษคำตอบทั้ง 2 จุด คำนวณหาพิกัด

ของจุดมุมบนด้านซ้ายและมุมล่างด้านขวาของบริเวณพื้นที่เป้าหมายบนกระดาษคำตอบ อ่านค่าสี่ และนับจำนวนจุดสี่ที่ต่างจากสี่พื้นในบริเวณพื้นที่เป้าหมายและเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน เพื่อตัดสินใจว่าข้อคำถามใดผู้สอบเลือกคำตอบใด มีการทำเครื่องหมายคำตอบเดียว ทำเครื่องหมายหลายคำตอบ (M) หรือไม่ทำเครื่องหมายเลย (B) (ดูรูปที่ 9 ประกอบ)

การคำนวณหาตำแหน่งจุดอ้างอิงบนกระดาษคำตอบสำหรับกระดาษคำตอบที่อ่านมาจากเครื่องสแกนเนอร์อาจมีตำแหน่งผิดเพี้ยนไปบ้าง เช่น เอียงไปทางซ้าย เอียงไปทางขวา หรืออาจจะเป็นตำแหน่งในแนวระดับเดียวกันก็ได้ แต่เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวเหล่านี้จึงจำเป็นต้องมีการค้นหาตำแหน่งจุดอ้างอิงบนกระดาษคำตอบทุกแผ่นที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์ ซึ่งสามารถคำนวณได้จากจุดกึ่งกลางของเส้นในแนวตั้ง (แกน Y) และจุดกึ่งกลางของเส้นในแนวนอน (แกน X) ดังรูปที่ 10 และกำหนดให้จุดตัดของแกน X และ Y ที่คำนวณได้เป็นจุดอ้างอิง



รูปที่ 10 แสดงวิธีหาตำแหน่งจุดอ้างอิงบนกระดาษคำตอบ

$$(x - x_1)^2 + (y - y_1)^2 = d_1^2 \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$(x_2 - x)^2 + (y_2 - y)^2 = d_2^2 \quad \dots\dots\dots (2)$$

จากสมการ (1)

$$x^2 - 2x_1x + x_1^2 + y^2 - 2y_1y + y_1^2 = d_1^2 \quad \dots\dots\dots (3)$$

จากสมการ (2)

$$x_2^2 - 2x_2x + x^2 + y_2^2 - 2y_2y + y^2 = d_2^2 \quad \dots\dots\dots (4)$$

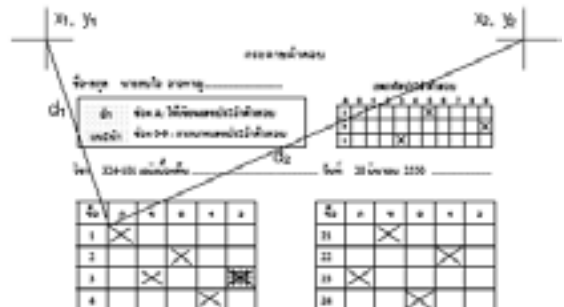
สมการ (4) – สมการ (3) และจัดกลุ่มใหม่ จะได้

$$2x_1x - 2x_2x + 2y_1y - 2y_2y + x_2^2 + y_2^2 - y_1^2 - x_1^2 = d_2^2 - d_1^2$$

$$2x(x_1 - x_2) + 2y(y_1 - y_2) + x_2^2 + y_2^2 - y_1^2 - x_1^2 = d_2^2 - d_1^2$$

$$2x(x_1 - x_2) = d_2^2 - d_1^2 - x_2^2 - y_2^2 + y_1^2 + x_1^2 - 2y(y_1 - y_2)$$

หลังจากคำนวณหาตำแหน่งจุดอ้างอิงบนกระดาษคำตอบที่อ่านเข้ามาได้แล้ว สามารถคำนวณหาพิกัดจุดมุมบนด้านซ้ายและมุมล่างด้านขวาของบริเวณพื้นที่เป้าหมายได้ โดยใช้ทฤษฎีของพีทาโกรัส



รูปที่ 11 แสดงวิธีคำนวณหาจุดมุมบนด้านซ้ายของบริเวณพื้นที่เป้าหมาย

จากภาพแสดงวิธีคำนวณหาจุดมุมบนด้านซ้ายของบริเวณพื้นที่เป้าหมาย (x, y) ซึ่งเป็นจุดที่ยังไม่ทราบค่า ส่วนจุดที่ทราบค่าแล้วคือตำแหน่งจุดอ้างอิงบนซ้าย (x<sub>1</sub>, y<sub>1</sub>) ตำแหน่งจุดอ้างอิงบนขวา (x<sub>2</sub>, y<sub>2</sub>) ระยะห่างจากตำแหน่งจุดอ้างอิงบนซ้ายถึงจุดมุมบนด้านซ้ายของบริเวณพื้นที่เป้าหมาย (d<sub>1</sub>) และระยะห่างจากตำแหน่งจุดอ้างอิงบนขวาถึงจุดมุมบนด้านซ้ายของบริเวณพื้นที่เป้าหมาย (d<sub>2</sub>) จากทฤษฎีของพีทาโกรัสจะได้ว่า

$$x = \frac{d_2^2 - d_1^2 - x_2^2 - y_2^2 + y_1^2 + x_1^2 - 2y(y_1 - y_2)}{2(x_1 - x_2)}$$

$$x = \frac{d_2^2 - d_1^2 - x_2^2 - y_2^2 + y_1^2 + x_1^2}{2(x_1 - x_2)} - \frac{y(y_1 - y_2)}{(x_1 - x_2)} \dots\dots\dots (5)$$

สมมติให้

$$C = \frac{d_2^2 - d_1^2 - x_2^2 - y_2^2 + y_1^2 + x_1^2}{2(x_1 - x_2)}$$

$$A = \frac{(y_1 - y_2)}{(x_1 - x_2)}$$

สมการที่ (5) เขียนใหม่

$$x = C - Ay \dots\dots\dots (6)$$

แทนค่า x จากสมการที่ (6) ใน สมการที่ (4) และจัดกลุ่มใหม่ จะได้

$$\begin{aligned} x_2^2 - 2x_2(C - Ay) + (C - Ay)^2 + y_2^2 - 2y_2y + y^2 &= d_2^2 \\ x_2^2 - 2Cx_2 + 2Ax_2y + C^2 - 2ACy + A^2y^2 + y_2^2 - 2y_2y + y^2 &= d_2^2 \\ A^2y^2 + y^2 + 2Ax_2y - 2ACy - 2y_2y + x_2^2 - 2Cx_2 + C^2 + y_2^2 &= d_2^2 \\ y^2(A^2 + 1) + y(2Ax_2 - 2AC - 2y_2) + x_2^2 - 2Cx_2 + C^2 + y_2^2 - d_2^2 &= 0 \dots\dots\dots (7) \end{aligned}$$

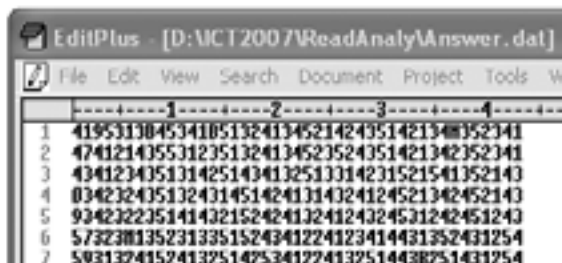
สมการที่ (7) เป็นสมการกำลังสองสมบูรณ์เนื่องจาก  $x_2^2 - 2Cx_2 + C^2 + y_2^2 - d_2^2$  เป็นค่าคงที่ทั้งหมดและทราบค่าแล้ว การหาค่า y จะสามารถใช้สูตรกำลังสองสมบูรณ์ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2533 : 93) ได้ คือ

$$y = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \dots\dots\dots (8)$$

จากสมการที่ (8) ค่า y ที่คำนวณได้มี 2 ค่า เป็นค่าบวก 1 ค่า และค่าลบอีก 1 ค่า สำหรับระยะห่างจากตำแหน่งจุดอ้างอิงถึงจุดเป้าหมายใช้เฉพาะค่าบวกเท่านั้น

จากการคำนวณหาค่า y ได้จากสมการที่ (8) และหาค่า x ได้จากสมการที่ (6) ทำให้สามารถคำนวณหาจุดเป้าหมายได้ทุก ๆ จุด

สำหรับการอ่านค่าจุดสีใน Visual Basic 6.0 ใช้คำสั่ง Point ค่าที่ได้นำไปเปรียบเทียบกับสีพื้น ซึ่งจะต้องทำกับทุก ๆ จุดในบริเวณพื้นที่เป้าหมาย และนับจำนวนจุดที่ต่างจากสีพื้น ก็จะสามารถระบุได้ว่าเป็นการทำเครื่องหมายเลือกคำตอบ ยกเลิกการทำเครื่องหมาย ไม่ทำเครื่องหมาย หรือทำเครื่องหมายมากกว่า 1 คำตอบ

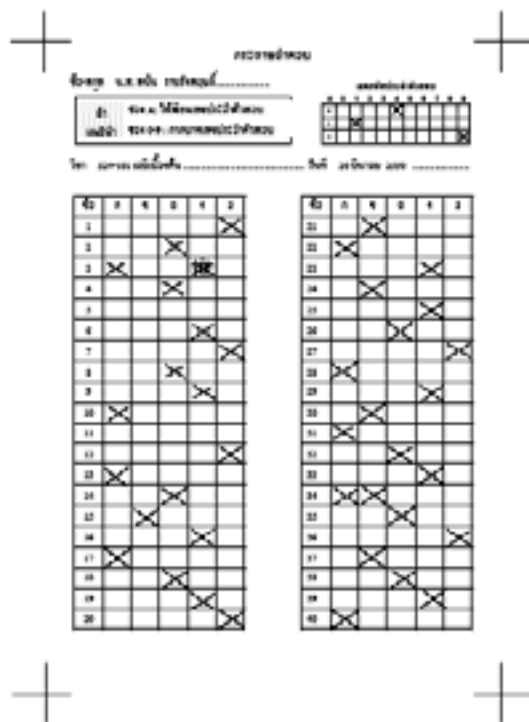


รูปที่ 12 แสดงแฟ้มข้อมูลเก็บผลลัพธ์การวิเคราะห์

จากภาพแสดงแฟ้มข้อมูลเก็บผลลัพธ์การวิเคราะห์ ซึ่งเป็นตัวอย่างการอ่านและการวิเคราะห์กระดาษคำตอบจากโปรแกรมที่ผู้เขียนบทความทดลองสร้างขึ้นมา ในแต่ละบรรทัดของแฟ้มข้อมูลนี้ประกอบด้วยเลขรหัสประจำตัวสอบ 3 ตำแหน่ง คำตอบ 40 ข้อ โดย 3 คอลัมน์แรกเป็นเลขรหัสประจำตัวสอบ และ 40 คอลัมน์ถัดมาเป็นคำตอบในแต่ละข้อคำถาม สำหรับบรรทัดแรกผู้สอบที่มีเลขรหัสประจำตัวสอบ 419 ข้อ 1 ตอบ จ ข้อ 2 ตอบ ค และข้อ 3 ตอบ ก ตามลำดับ ส่วนข้อ 5 มีคำตอบเป็น B หมายถึงไม่มีการทำเครื่องหมายใด ๆ ในข้อนี้ และข้อ 34 มีคำตอบเป็น M หมายถึง มีการทำเครื่องหมายเลือกคำตอบมากกว่า 1 คำตอบ

### บทสรุปและข้อเสนอแนะ

การอ่านและการวิเคราะห์การทำเครื่องหมายบนกระดาษคำตอบ เป็นวิธีการอย่างหนึ่งในการประยุกต์ใช้เครื่องสแกนเนอร์ เป็นเครื่องตรวจสอบที่มีความสะดวกและประหยัด ทำให้อาจารย์สามารถทดสอบ ประเมินผลสิ่งที่สอนไปแล้วได้หลาย ๆ ครั้ง โดยใช้เวลาไม่มากนักในการตรวจกระดาษคำตอบ สำหรับแนวความคิดในการสร้างโปรแกรมการอ่านและการวิเคราะห์การทำเครื่องหมายบนกระดาษคำตอบนี้ เริ่มต้นจากการทำต้นแบบกระดาษคำตอบที่มีการทำเครื่องหมายตำแหน่งจุดอ้างอิงบนกระดาษคำตอบ การเก็บค่าต้นแบบกระดาษคำตอบเพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์ การคำนวณหาตำแหน่งเครื่องหมายบนกระดาษคำตอบ การอ่านค่าสีด้วยภาษา Visual Basic 6.0 และได้ทำการทดลองสร้างโปรแกรมเพื่อให้ทำงานตาม



รูปที่ 13 แสดงกระดาษคำตอบของเลขรหัสประจำตัวสอบ  
419

หลักการที่นำเสนอแล้วนั้น พบว่าทำงานได้ผลเป็นอย่างดี โดยดูผลจากกระดาษคำตอบที่มีการทำเครื่องหมายแล้วนำไปวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรมที่ทดลองสร้างขึ้นมาเปรียบเทียบกับ การตรวจสอบด้วยสายตา ปรากฏผลการทำงานถูกต้องได้ร้อยละ 98.5 ส่วนที่ผิดพลาดอยู่บ้างเกิดจากกระดาษคำตอบไม่สะอาด และภาพที่ได้จากเครื่องสแกนเนอร์ไม่ชัดเจนดีพอ

จากการที่เครื่องสแกนเนอร์มีคุณภาพสูงขึ้น ราคาต่ำลง มีความเห็นว่าจะสร้างโปรแกรมตรวจสอบแบบหลายตัวเลือกที่สมบูรณ์ สามารถเลือกทำเครื่องหมายเลือกคำตอบได้หลายแบบ นำเสนอ และฝึกอบรมให้กับอาจารย์ได้นำไปใช้งานจริง จะช่วยลดเวลาในการตรวจกระดาษคำตอบจากการสอบประเมินผลแต่ละครั้ง ซึ่งจะเป็นการช่วยประหยัดงบประมาณในการจัดซื้อเครื่องตรวจสอบและซื้อกระดาษคำตอบได้อีกด้วย นอกจากนี้ยัง



สามารถนำวิธีการดังกล่าวไปใช้ในการตรวจนับการทำ  
เครื่องหมายบนแบบสอบถามได้อีกด้วย

### เอกสารอ้างอิง

กิตติ ภักดีวัฒนะกุล และ จำลอง ทรูอดุสาหะ. 2542. **Visual Basic 6 สำหรับโปรแกรมเมอร์**. กรุงเทพฯ: ไทยเจริญ การพิมพ์.

เจนวิทย์ เหลืองอร่าม และ ปิยวิทย์ เหลืองอร่าม. 2543. **การโปรแกรมสำหรับ Applications ด้วย Visual Basic 6**. กรุงเทพฯ: ธรรมสาร.

มนัส ประสงค์. 2542. **แคลคูลัสและเรขาคณิตวิเคราะห์ 1**. กรุงเทพฯ: ศูนย์ส่งเสริมวิชาการ.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2533. **วิชาคณิตศาสตร์ ค 011**. กรุงเทพฯ: กรุงเทพมหานคร.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2533. **วิชาคณิตศาสตร์ ค 012**. กรุงเทพฯ: กรุงเทพมหานคร.

สุทธิศักดิ์ พงษ์นาพาณิช. 2542. **การเขียนโปรแกรมด้วย Visual basic 6.0 ระดับสูง (การใช้งานฟังก์ชันวินโดวส์ API-32 บิต)**. กรุงเทพฯ: ไพรเมค.

