DRC022

เครื่องตรวจกระดาษคำตอบแบบปรนัย

Answer Sheets Checking Machine

สันติ หวังนิพพานโต[1*], เสถียร ธัญญศรีรัตน์[2], และประพจน์ จิระสกุลพร[3]
[1]สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า, [2]สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม, [3]สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน เขตปทุมวัน จ.กรุงเทพฯ 10330
โทร 02-2193838-40 ต่อ 230, โทรสาร 02-2193872, อีเมล์ nipparntoo@yahoo.com

Santi Wangnipparnto[1*], Satean Tunyasrirat[2], and Papot Jiraskulporn[3]
[1]Department of Electrical Engineering, [2]Instrument Engineering, and [3]Electronic Engineering
Engineering faculty, Pathumwan institute of Technology, Bangkok 10330
Tel: 02-2193838-40 ext 230, Fax: 02-2193872, E-mail: nipparntoo@yahoo.com

บทคัดย่อ

การสร้างเครื่องตรวจข้อสอบแบบปรนัยมีแนวคิดเพื่อนำเทคโนโลยีมาช่วยลดการทำงานของบุคลากรในการตรวจข้อสอบ และลดข้อผิดพลาดอันอาจจะเกิดจากความเมื่อยล้า การทำงานของเครื่องใช้หลักการประมวลผลภาพทางดิจิตอล โดยรับภาพเข้ามาประมวลผลด้วยกล้อง CCD และเชื่อมต่อการทำงานของเครื่องด้วยมาตรฐาน RS-232 โดยมีไมโครคอนโทรลเลอร์ รุ่น PIC 18F458 ควบคุมการทำงานของเครื่องโดยรวม จากการทดลองพบว่าเครื่องตรวจข้อสอบแบบปรนัยสามารถทำงานเร็วกว่าคนตรวจ 5 ชั่วโมง 32 นาที

Abstract

The concept of Answer Sheets Checking Machine was used the technology to reduced the work time of mankind and the error from weariness. The principle of Answer Sheets Checking Machine is Digital Image Processing, by capture the picture witch CCD and link to Micro controller PIC 18F458 via RS-232 port. From the experimental shown that the Answer Sheets Checking Machine can be checked the 200 answer sheets faster than the person about 5 hours and 32 minutes.

1. บทนำ

ในปัจจุบันเครื่องตรวจกระดาษคำตอบนี้มีราคาประมาณ 380,000-640,000 บาท ซึ่งมีราคาสูง ทำให้สถานศึกษาบางแห่งที่มีงบประมาณน้อยไม่สามารถมีไว้ใช้งานได้ [1] อย่างไรก็ตามได้มีการคิดค้นและพัฒนาระบบการตรวจกระดาษคำตอบแบบปรนัยแบบต่าง ๆ แต่ก็ยังมีข้อด้อยอยู่หลายประการเมื่อเทียบกับเครื่องที่มีขายอยู่ในปัจจุบัน ทั้งในรูปแบบการทำงาน การจัดเก็บข้อมูล และความสะดวกในการใช้งาน

ดังนั้นจึงได้มีแนวคิดในการปรับปรุงกรรมวิธีในการประมวลผลโดยใช้กล้องในการจับภาพแล้วนำมาประมวลผลภาพเพื่อหาคำตอบแทนการใช้เซนเซอร์แสงแบบเครื่องที่มีใช้กันอยู่ในปัจจุบัน เพื่อให้การทำงานของเครื่องตรวจกระดาษคำตอบแบบปรนัยมีประสิทธิภาพมากขึ้น ทั้งทางด้านรูปแบบการทำงาน การจัดเก็บข้อมูลและความสะดวกในการใช้งาน ด้วยต้นทุนการสร้างที่ถูกกว่าเมื่อเทียบกับเครื่องที่ใช้หลักการแบบอื่น ๆ ในการตรวจคำตอบ

2.ทฤษฎี

2.1 การประมวลผลภาพ

การประมวลผลภาพเป็นการแปลงภาพวัตถุเป้าหมายที่กล้อง CCD จับภาพไว้ไปเป็นสัญญาณดิจิตอล จากนั้นจะดำเนินการทางคณิตศาสตร์หลายรูปแบบกับสัญญาณดังกล่าวเพื่อกลั่นกรองคุณลักษณะเฉพาะของวัตถุเป้าหมาย เช่น พื้นที่ ความยาว ปริมาณ และตำแหน่ง และส่งเอาต์พุตของผลลัพธ์จากการจำแนกความแตกต่าง ไปประมวลผลภาพต่อไป

2.2 พื้นฐานของภาพ

จากรูปที่ 1 จุดกำเนิดของภาพจะอยู่ที่มุมล่างซ้าย แต่จุดกำเนิดของพิกเซลจะอยู่ที่มุมบนซ้าย ซึ่งจะเป็นลักษณะการประมวลผลภาพในกราฟฟิกของคอมพิวเตอร์

เมื่อ N คือ จำนวนสูงสุดของพิกเซลในแนวตั้ง

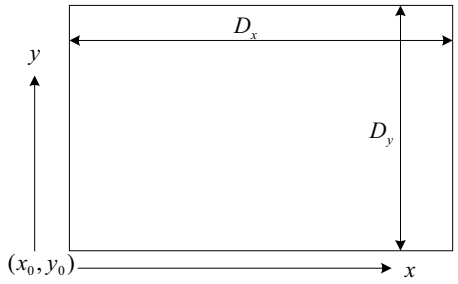
M คือ จำนวนสูงสุดของพิกเซลในแนวนอน

x คือ พิกเซลในแนวตั้ง

y คือ พิกเซลในแนวนอน

กล่าวคือ $i = x$ เมื่อ $1 \le i \le N$ (1)

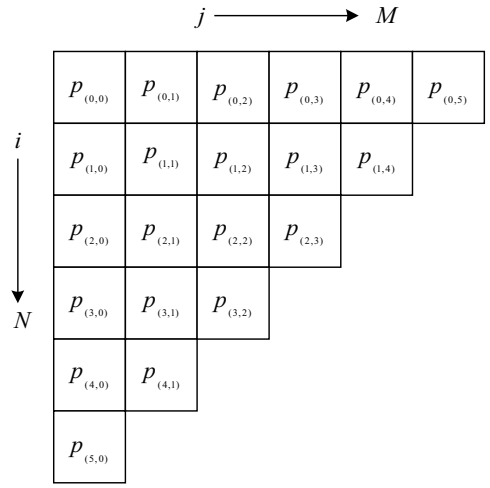
$i = (M - y)$ เมื่อ $1 \le j \le M$



รูปที่ 1 ความสัมพันธ์ของภาพโดยทั่วไปกับพิกเซลเมตริกซ์

เมื่อ $x = D_x / N$ และ $y = D_y / M$

จะได้จุดต่าง ๆ บนเมตริกซ์เป็น $P_{(x,y)}$ ใด ๆ ตามรูปที่ 2



รูปที่ 2 ตำแหน่งของพิกเซลในเมตริกซ์

ค่าของพิกเซลหรือฟังก์ชั่น $P_{(i,j)}$ ณ. จุดใด ๆ จะแสดงได้ด้วยค่าของความเข้มของแสงซึ่งอาจแบ่งได้หลายระดับ ถ้ามี 2 ระดับก็จะเป็นแค่ 0 กับ 1

2.1 การสร้างภาพไบนารี สามารถทำได้โดย การใช้เทคนิคการทำเทรโชล (Thresholding Technics) โดยพิจารณาว่าจุดใดควรจะเป็นจุดขาวหรือจุดดำ โดยการเปรียบเทียบกันระหว่างจุดภาพเริ่มต้นกับค่าคงที่ค่าหนึ่ง เรียกว่า ค่าเทรโชล สำหรับเทคนิคการทำเทรโชลนี้ใช้กันมากในกรณีที่ข้อมูลภาพมีลักษณะแตกต่างกันระหว่างวัตถุ และพื้นหลังโดยค่าของจุดภาพใด ๆ ที่มีค่าน้อยกว่า ค่าเทรโชลจะกำหนดให้ค่าเป็น 1 (จุดสีดำ) และถ้าค่าของจุดภาพมีค่ามากกว่าค่าเทรโชล จะถูกเปลี่ยนให้เป็นค่า 0 (จุดสีขาว) ซึ่งการทำงานสามารถแสดงได้ดังสมการที่ (4)

$$\begin{aligned} 1 \;;\; & g_{(x,y)} \leq Thr \\ 0 \;;\; & g_{(x,y)} > Thr \end{aligned} \qquad (2)$$

โดยที่ $g_{(x,y)}$ คือ ข้อมูลภาพอินพุตที่มีระดับความเข้ม 0ถึง l ระดับ

Thr คือ ค่าเทรโชลเป็นค่าคงที่ระหว่าง 0 ถึง l ระดับ

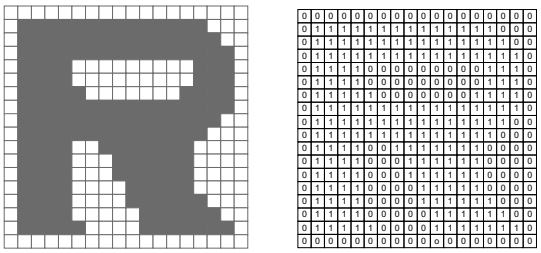
1 คือ จุดดำ

0 คือ จุดขาว

l คือ ระดับความเข้มของจุดภาพสูงสุด

ค่าเทรโชลจากค่าเฉลี่ยเลขคณิตหาได้จากสมการที่ (3)

$$Thr = \frac{\sum gi_{(x,y)}}{M \times N} \qquad (3)$$



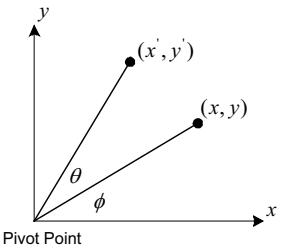
a.) b.)

รูปที่ 3 a.) ตัวอักษร R ในลักษณะไฟล์ BITMAP ที่ถูกขยาย,
b.) ตัวอักษร R ในลักษณะไฟล์ไบนารี

2.2 การแปลงข้อมูลภาพในสองมิติ (Transformation) คือการแปลงข้อมูลภาพในสองมิติเท่านั้น การแปลงภาพเพื่อนำข้อมูลมาผ่านกระบวนการ Digital Image Processing ซึ่งเป็นกระบวนการวิเคราะห์ภาพ (Digital Image Analysis)

1) การเลื่อนภาพ (Translation) เป็นการเลื่อนตำแหน่งของภาพตามระยะการขจัดทางแนวแกน x (Tx) และตามแนวแกน y (Ty) เมื่อกำหนดให้พิกัดเดิมคือ (x, y) และพิกัดใหม่คือ x', y'

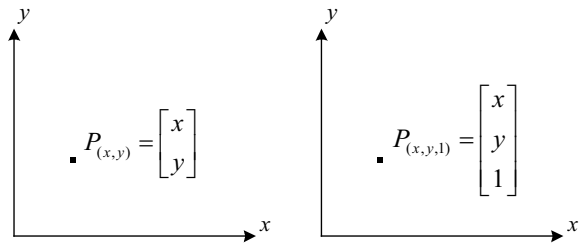
2) การหมุนภาพ (Rotation) เป็นการหมุนตำแหน่งของภาพในระนาบ xy รอบจุด Pivot Point



รูปที่ 4 การหมุนโดยอ้างอิงระนาบ xy

3) การย่อและขยายภาพ (Scaling) สามารถทำได้โดยการใช้ Scaling factor ได้แก่ S_x และ S_y ซึ่งใช้สำหรับการย่อและการขยายภาพในทางแกน x และ y ตามลำดับ โดยถ้าการย่อและขยายภาพโดยใช้เมตริกซ์จะมีลักษณะดังนี้คือ $P' = S \cdot P$ เมื่อ

4) Homogeneous Coordinate เพื่อที่จะให้ผลลัพธ์ของการแปลงภาพอยู่ในรูปของการคูณกันของเมตริกซ์ทั้งหมดจะทำให้ง่ายต่อการคำนวณจึงกำหนดให้มีโคออดิเนตแบบ Homogeneous ซึ่งจะมีลักษณะดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 โคออดิเนตแบบ Homogeneous

ดังนั้นเมตริกซ์ของการแปลงแบบต่าง ๆ จะมีลักษณะเป็นดังนี้

การเลื่อนภาพ

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & Tx \\ 0 & 1 & Ty \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x+Tx \\ y+Ty \\ 1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

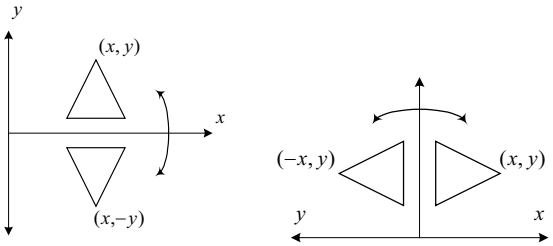
การหมุนภาพ

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\theta & -\sin\theta & 0 \\ \sin\theta & \cos\theta & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix} \quad (4)$$

การย่อและขยายภาพ

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S_x & 0 & 0 \\ 0 & S_y & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ 1 \end{bmatrix} \quad (5)$$

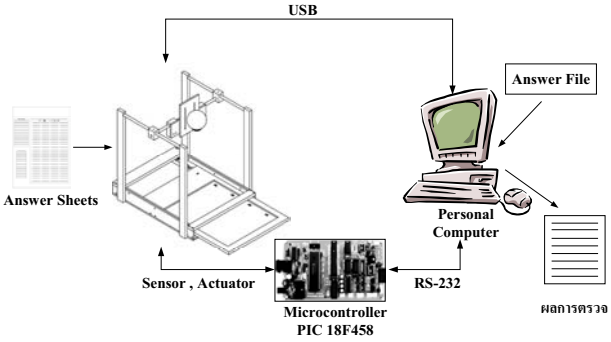
5) การสะท้อนของภาพ การสะท้อนของภาพสามารถเกิดขึ้นได้ดังนี้คือ การสะท้อนตามแกน x และการสะท้อนตามแกน y



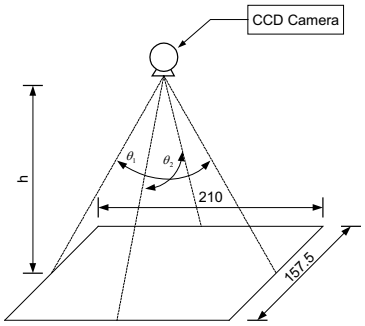
รูปที่ 6 การสะท้อนตามแกน x และการสะท้อนตามแกน y

3. การออกแบบ

หลักการทำงานของเครื่องตรวจกระดาษคำตอบแบบปรนัย มีส่วนประกอบตามรูปที่ 7 ซึ่งประกอบด้วย 1.)ส่วนป้อนกระดาษทำด้วยพลาสติคและอลูมิเนียมพร้อมติดตั้งกล้องสูง 200 มม.ซึ่งเป็นตำแหน่งครอบคลุมความกว้างของกระดาษคำตอบ 2.) ส่วนไมโครคอนโทรลเลอร์จะควบคุมการทำงานของชุดป้อนกระดาษเช่นประมวลผลภาพ, ตรวจจับและสั่งการทำงานของมอเตอร์ 3.)ส่วนคอมพิวเตอร์ใช้แสดงผลและตั้งค่าการตรวจกระดาษคำตอบ



รูปที่ 7 ส่วนประกอบของเครื่องตรวจกระดาษคำตอบแบบปรนัย

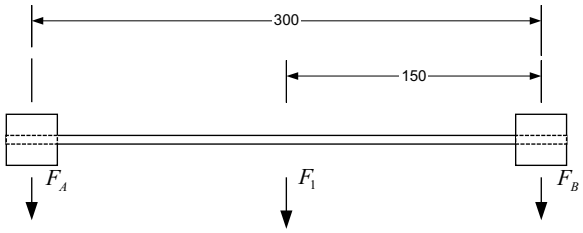


รูปที่ 8 มุมของการรับภาพ

จากรูปที่ 8 การทดสอบหามุมความกว้างของกล้อง CCD LOGITECH 4000 PRO ซึ่งมีค่ามุมของการรับภาพ $\theta_1 = 45.29$ องศา และ $\theta_2 = 34.48$ องศา ดังนั้นความสูงของกล้องจากกระดาษจะมีค่าเท่ากับ

$$h = \frac{(157.5/2)}{\tan(45.29/2)} = 188.21 \text{ [mm]} \quad (6)$$

โดยเลือกขนาดความสูงเท่ากับ 200 มิลลิเมตร



รูปที่ 9 คานตามแนวขวาง

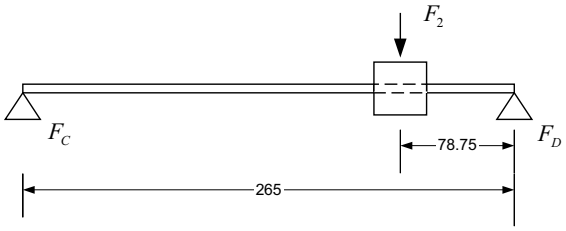
การคำนวณค่าภาระที่กระทำกับคานตามแนวขวาง

$$F_A = \frac{F_1 \cdot r}{l} = \frac{3344.62\text{N} \cdot 150\text{mm}}{300\text{mm}} = 1672.31 \text{ N} \quad (7)$$

คำนวณขนาดคานแนวขวางที่เหมาะสม

$$d = \sqrt[3]{\frac{Wb \cdot 32}{\pi}} \approx 6 \text{ mm} ; \quad (8)$$

เลือกขนาดที่ใช้งานที่ 8 mm



รูปที่ 10 คานตามแนวตาม

การคำนวณค่าภาระที่กระทำกับคานตามแนวตาม

$$F_3 = \frac{F_2 \cdot r}{l} = \frac{1175.36\text{N} \cdot 186.25\text{mm}}{265\text{mm}} = 826.08 \text{ N}$$

การคำนวณขนาดคานแนวตามที่เหมาะสม

$$d = \sqrt[3]{\frac{Wb \cdot 32}{\pi}} \approx 4.7 \text{ mm} ; \quad (9)$$

เลือกขนาดที่ใช้งานที่ 8 mm

การคำนวณความเร็วที่ใช้เลื่อนถาด

แรงของถาด F_{Tray} =15.07 kN

เฟืองขับของมอเตอร์เป็นขนาด ϕ = 20 mm

ความเร็วมอเตอร์ (80%) = 1.584s / 360°

การเคลื่อนที่ของถาด = $\frac{2\pi r}{MotorSpeed} = \frac{62.8\text{mm}}{1.584\text{s}}$

= 39.65 mm/s

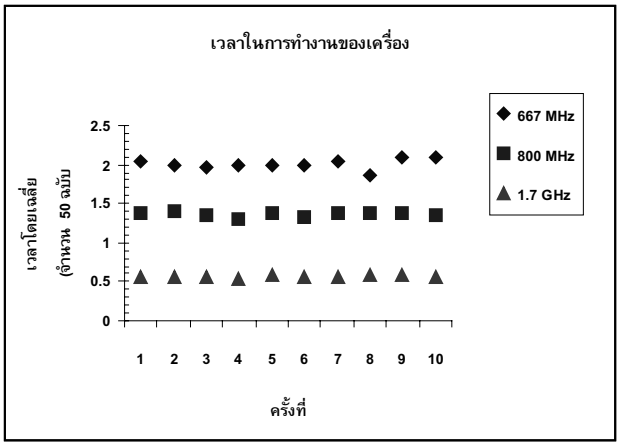
ระยะการทำงาน = 157.5 mm

เวลาที่ใช้ = $\frac{157.5\text{mm}}{39.65\text{mm/s}}$ = 3.96 s

4. ผลการทดลอง

4.1 การหาค่าความผิดพลาดของเครื่องตรวจข้อสอบแบบปรนัย

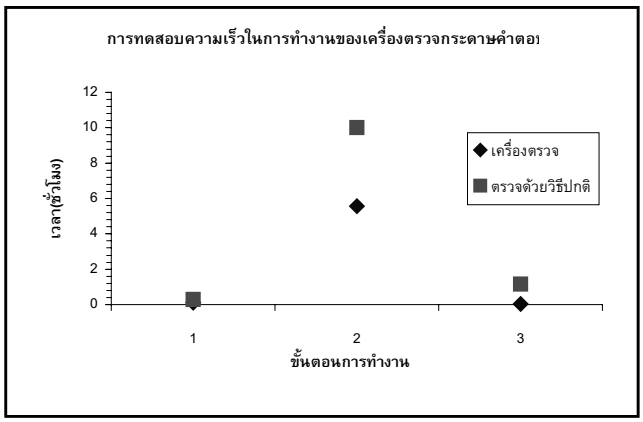
จากการทดสอบเครื่องตรวจข้อสอบฯที่สร้างขึ้นจำนวน 3 ครั้ง โดยในแต่ละครั้งทำการตรวจข้อสอบจำนวน 50 ฉบับ โดยแต่ละฉบับทำการตรวจซ้ำฉบับละ 10 ครั้ง ในสภาพเครื่องปิดทึบแสง และมีปริมาณความเข้มของแสงส่องสว่างในตัวเครื่องเท่ากับ 0.1 [Wm^{-2}] โดยครั้งที่ 1 ใช้หน่วยประมวลผล CPU: Intel Pentium IV ~1.70 GHz ครั้งที่ 2 ใช้หน่วยประมวลผล CPU: Intel Celeron ~ 800 MHz และครั้งที่ 3 ใช้หน่วยประมวลผล CPU: Intel Pentium III ~ 667 MHz. ผลทดลองสรุปได้ในรูปที่ 11 และจากการทดลองการตรวจของเครื่องตรวจกระดาษคำตอบแบบปรนัยจำนวนการทดสอบทั้งสิ้น 1,500 ครั้ง ไม่พบข้อผิดพลาดจากการตรวจ



รูปที่ 11 เวลาในการทำงานของเครื่องตรวจกระดาษคำตอบแบบปรนัย

4.2 ทดสอบความเร็วในการทำงานของเครื่องตรวจกระดาษคำตอบ

การทดสอบความเร็วในการทำงานของเครื่องตรวจกระดาษคำตอบที่สร้างขึ้น เมื่อเทียบกับการตรวจแบบปกติ โดยสร้างแบบเฉลยการตรวจซึ่งใช้เหล็กตอกเจาะรูลงบนกระดาษจำนวน 1 วิชา และตรวจโดยการทาบผลเฉลยลงบนกระดาษที่ต้องการตรวจ ข้อสอบจำนวน 200 ฉบับ จะแสดงในรูปที่ 12



รูปที่ 12 แผนภูมิเปรียบเทียบการทำงานของเครื่องตรวจข้อสอบที่สร้างขึ้นกับการตรวจขอ้สอบแบบวิธีปกติ

5. สรุปผลการทดลองและแนวทางการแก้ไข

5.1 สรุปผลการทดลอง

เครื่องตรวจกระดาษคำตอบแบบปรนัยเลือกใช้ละเอียดของกล้อง CCD เท่ากับ 320×240 (4:3) โดยทำการถ่ายภาพ 2 ภาพ ขนาดความกว้างของกระดาษคือ 210 มิลลิเมตร ความสูงของกล้องเท่ากับ 200 มิลลิเมตร จากการทดสอบเครื่องสามารถตรวจกระดาษ คำตอบได้อย่างถูกต้อง โดยใช้ดินสอที่ใช้ในการระบายคำตอบขนาด 2B ภายใต้ความเข้มของแสง 0.1 [Wm^{-2}] จากการทดสอบพบว่าเครื่องตรวจข้อสอบนั้นสามารถทำงานได้อย่างถูกต้องสามารถตรวจภาพของ

กระดาษ คำตอบที่มีลักษณะเอียงได้ ซึ่งถือว่ามีประสิทธิภาพ และทำงานได้อย่างเที่ยงตรงจากจำนวนการทดสอบทั้งสิ้น 1,500 ครั้ง ไม่พบข้อผิดพลาดจากการตรวจข้อสอบ และจากการเปรียบเทียบการทำงานของเครื่องกับการตรวจโดยใช้คนตรวจ ที่จำนวนกระดาษคำตอบ 200 แผ่น เมื่อรวมเวลาในการทำแบบเฉลยคำตอบ เวลาในการตรวจข้อสอบ และเวลาในการทำรายงานและกรอกคะแนน เครื่องตรวจกระดาษคำตอบแบบปรนัยจะทำงานได้เร็วกว่าที่ถึง 5 ชั่วโมง 32 นาที

5.2 แนวทางการแก้ไข

วัสดุที่นำมาใช้เป็นพลาสติกอะครีลิก (Acrylic) ในการทำงานยังมีการติดขัดและขาดความคงทนแข็งแรง มอเตอร์ที่นำมาใช้ได้ทำการดัดแปลงวงจรภายใน ให้เหมาะสมกับการทำงานของเครื่องการทำงานจึงเกิดการสั่นในบางครั้ง กล้องดิจิตอลที่ใช้ ควรมีความละเอียดของภาพมากขึ้น และเลนส์ของกล้องยังเป็นมุมแคบทำให้การติดตั้งตัวกล้องสูงจากพื้นของตัวเครื่องมากซึ่งอาจถูกรบกวนจากแสงภายนอกได้ การพัฒนาส่วนของละมุลภัณฑ์จะทำให้เครื่องมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ทีมงานวิจัยขอขอบคุณ นายเกียรติพงศ์ ไพบูลย์สุข และ นายวุฒิชัย เหมือนปรีชา นักศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์ ที่มีความขยันอดทนในการทำวิจัยนี้อย่างเต็มความสามารถ รวมทั้งสถาบันเทคโนโลยีปทุมวันที่สนับสนุนการวิจัยครั้งนี้เป็นอย่างยิ่ง

เอกสารอ้างอิง

[1] พรชัยยศ ศรีปัญญาพงศ์, เครื่องตรวจข้อสอบด้วยแสงอินฟาเรดแบบทะลุผ่าน, วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า บัณฑิตวิทยาลัย คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2542.

[2] เทวินทร์ วิทิตวิญญูชน และนายพรพล จันทร์สุภา, ระบบตรวจข้อสอบโดยวิธีเปรียบเทียบข้อมูลภาพ, ปริญญานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเมคคาทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน, 2543.

[3] กนก รัตนสมบัติ, การพัฒนาระบบตรวจข้อสอบปรนัยอัตโนมัติ, วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2545.

[4] ทีมงานอีทีที, คู่มือการใช้งานบอร์ด ไมโครคอนโทรลเลอร์ CP-PIC V3.0, กรุงเทพฯ :บริษัท อีทีที จำกัด, ม.ป.ท.

[5] ทีมงานอีทีที. คู่มือการใช้ SERVO Motor. กรุงเทพฯ : บริษัท อีทีที จำกัด, ม.ป.ท.