

ระบบตรวจสอบปรนัยแบบวิธีการฝนด้วยหลักการประมวลผลภาพ

วรุฒม์ บุญเยี่ยม^{1,*}, ศิริเรือง พัฒน์ช่วย²

^{1,2}คณะอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

Received: 29 April 2020

Revised: 13 August 2021

Accepted: 5 November 2021

บทคัดย่อ

การวิจัยเรื่องนี้มีวัตถุประสงค์ 2 ข้อ คือ (1) เพื่อพัฒนาระบบตรวจสอบปรนัยแบบวิธีการฝนด้วยหลักการประมวลผลภาพบนกระดาษขนาด A4 แบบธรรมดา และ (2) เพื่อทดสอบประสิทธิภาพความถูกต้องแม่นยำของระบบเนื่องจากกระบวนการตรวจสอบแบบปรนัยได้รับความสนใจเป็นอย่างมากในปัจจุบัน โดยเฉพาะในสถาบันการศึกษาซึ่งมีความจำเป็นที่จะต้องใช้ในการตรวจสอบนักศึกษา ทำให้มีบริษัทมากมายพยายามพัฒนาระบบที่มีประสิทธิภาพเพื่อตอบสนองกับความต้องการของสถาบันการศึกษาและองค์กรอื่นๆ แต่ระบบก็มีข้อจำกัดในเรื่องของกระดาษที่ใช้งานกับตัวเครื่อง ซึ่งในงานวิจัยได้นำเทคนิคการประมวลผลภาพมาใช้ ได้แก่ การหาทิศทางของขอบภาพวิธีแคนนี่ และการตัดภาพเฉพาะส่วน โดยการทดลองระบบใช้อุปกรณ์การฝนคำตอบ 5 ประเภท คือ ดินสอ HB ดินสอ 2B ปากกาแดง ปากกาดำ และปากกาน้ำเงิน ผลวิจัยแสดงค่าความถูกต้องของระบบร้อยละ 96.3, 100, 100, 100 และ 100 ตามลำดับ

คำสำคัญ: ระบบตรวจสอบปรนัย วิธีการฝน การประมวลผลภาพ

* ผู้ประสานงานหลัก; อีเมล: waroot.boon@rmutr.ac.th

The Multiple Choice System for Optical Answer Sheet Using Image Processing

Waroot Boonliam^{1,*}, Siriruang Phatchuay²

^{1,2} Faculty of Industry and Technology, Rajamangala University of Technology Rattanakosin

Received: 29 April 2020

Revised: 13 August 2021

Accepted: 5 November 2021

Abstract

The objectives of this research were (1) to develop an examination system for multiple-choice test items using the image processing principle for marking on the normal A4 answer sheet template; and (2) to test the efficiency and accuracy of the system. Nowadays, multiple-choice answer sheet examination system has been receiving increasing attention, especially in educational organizations for examining the correct answers of multiple-choice questions of the students. In order to respond to the increasing demand of educational institutions and other organizations, many companies have undertaken on development of effective system. However, the specific types of multiple-choice answer sheets hinder the potential of system using. Image processing techniques, i.e. canny edge detection and image segmentation were used in this research. In the experimentation of the designed system by marking the answer sheet papers with five types of stationery, namely, HB pencil, 2B pencil, red ink pen, black ink pen, and blue ink pen, the results showed that the accuracy values were 96.3%, 100%, 100%, 100% and 100%, respectively.

Keywords: Multiple-Choice Item Examination System, Optical Answer Sheet, Image Processing

* Corresponding Author; E-mail: waroot.boo@rmutr.ac.th

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

สำหรับปัจจุบันเครื่องตรวจกระดาษคำตอบแบบอัตโนมัติมีการพัฒนาไปไกลมาก การพัฒนาซอฟต์แวร์เพื่อให้ตอบโจทย์ของผู้ใช้นั้นมีความสำคัญอันดับแรก แต่สำหรับบางองค์กรก็ยังไม่ได้มีการใช้งานอย่างทั่วถึงเนื่องจากงบประมาณที่ต้องใช้ซื้อครุภัณฑ์มีจำนวนจำกัดอีกทั้งจำนวนของนักศึกษาในปัจจุบันของแต่ละหลักสูตรก็มีจำนวนลดลง ทำให้องค์กรต้องมีการตัดสินใจเพื่อการพิจารณาจัดซื้อครุภัณฑ์

โดยการพัฒนากระบวนการตรวจกระดาษคำตอบมีลักษณะการใช้งานที่แตกต่างกันออกไป โดย (Yimyam and Ketcham, 2018) ได้พัฒนาซอฟต์แวร์การตรวจข้อสอบแบบข้อกาบาท ด้วยภาษาจาวาและทำงานบนโทรศัพท์มือถือระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ โดยมุ่งเน้นไปที่การประหยัดค่าใช้จ่ายและประหยัดเวลา อีกทั้ง (Kumar, Singal and Bhavsar, 2018) ได้ศึกษาถึงกระบวนการและวิธีที่ทำให้ประหยัดการใช้ทรัพยากร โดยใช้วิธีแปลงข้อมูลของตำแหน่งขอบภาพแบบจุดศูนย์กลาง เพื่อแก้ไขลักษณะการวางของแนวกระดาษคำตอบ อีกทั้ง (Catalan, 2017) ก็ได้ปรับปรุงความผิดพลาดที่เกิดขึ้นตั้งแต่กระบวนการของการสแกนไฟล์กระดาษคำตอบเพื่อให้ได้ไฟล์ภาพที่สมบูรณ์ และ (Gonzalez, 2019) ได้กล่าวถึงวิธีการตรวจข้อสอบแบบวิธีการฝนโดยใช้เครื่องมือเครื่องอ่านสัญลักษณ์ด้วยแสง โดยการทำงานของระบบแบ่งการทำงานออกเป็น 3 ขั้นตอน คือ การตีกรอบในลักษณะกริด และทำการแบ่งภาพออกมาเพื่อใช้ในการหาคำตอบแบบดูค่าเซนทรอยด์ จากประเด็นข้างต้นทำให้งานวิจัยนี้มุ่งเน้นไปที่การประหยัดค่าใช้จ่ายโดยสามารถใช้กระดาษคำตอบแบบกระดาษ A4 ธรรมดาโดยจะนำมาใช้ในองค์กร ทำให้การออกแบบระบบต้องมีการประยุกต์ให้สามารถใช้งานได้จริงตามทรัพยากรที่มีอยู่ขององค์กร

ดังนั้นในงานวิจัยจึงนำเทคนิคการประมวลผลภาพมาใช้ในการส่วนของกระบวนการการปรับปรุงคุณภาพของภาพโดยในการแก้ปัญหาดังกล่าว คือ การสแกนข้อสอบของนักศึกษาเก็บไว้ในลักษณะไฟล์ภาพ และมีกระบวนการทำงาน 7 กระบวนการ ตั้งแต่ การตัดกรอบของกระดาษคำตอบด้วยวิธีการหาทิศทางของขอบภาพวิธีแคนนี่ การตรวจสอบภาพกลับหัว และแบ่งย่อยสำหรับการตัดกรอบรหัสวิชาและรหัสนักศึกษาการหาวงกลมของส่วนรหัสวิชาและรหัสนักศึกษา การจัดเรียงและหาวงกลมที่ระบาย(รหัสวิชาและรหัสนักศึกษา) การหาวงกลมของส่วนคำตอบ และขั้นตอนท้ายสุดคือจัดเรียงและหาวงกลมระบาย ซึ่งระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถใช้งานได้เป็นอย่างดี

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อพัฒนาระบบสำหรับตรวจข้อสอบปรนัยแบบวิธีการฝนด้วยหลักการประมวลผลภาพ

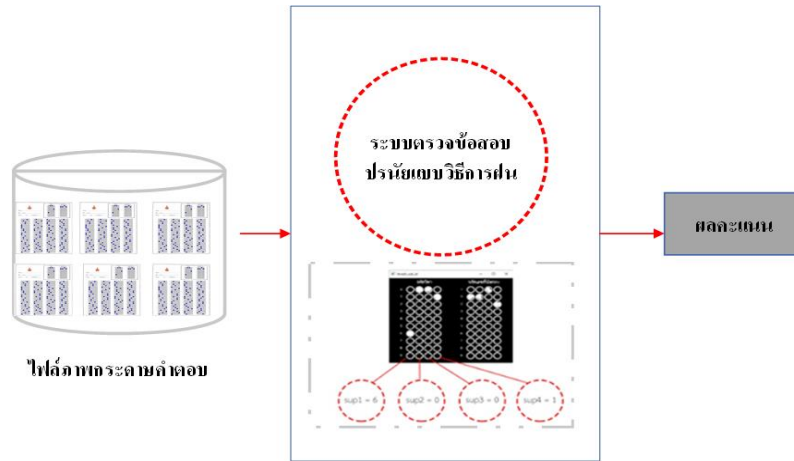
กรอบแนวคิดในการวิจัย

ในงานวิจัยแบ่งการประมวลผลของการทำงานของระบบออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

1. การรับข้อมูลเข้า (Input) เริ่มต้นด้วยการนำกระดาษคำตอบไปสแกนกับเครื่องสแกนเนอร์ เพื่อให้ได้ไฟล์ภาพนามสกุล .jpg เมื่อเตรียมไฟล์ภาพเสร็จ ย้ายไฟล์ภาพไปเก็บไว้ในพื้นที่จัดเก็บไฟล์ข้อมูล ของโปรแกรม
2. การประมวลผล (Process) เมื่อมีไฟล์ภาพอยู่ในพื้นที่จัดเก็บ นำชื่อไฟล์มาใส่ในคำสั่งเรียกไฟล์ของโปรแกรม ทำการปรับปรุงคุณภาพของภาพ เพื่อตัดเฉพาะส่วนที่ตีกรอบไว้ เมื่อได้ภาพที่ตัดกรอบ ระบบจะทำการตรวจสอบลักษณะของภาพว่าปกติหรือกลับหัว และขั้นตอนต่อไปคือการตัดภาพในส่วนที่เป็นรหัสนักศึกษาและ

รหัสวิชา หลังจากนั้นนำภาพมาปรับปรุงคุณภาพของภาพเพื่อวิเคราะห์ว่ากระดาศำตอบฉบับนี้มี รหัสนักศึกษา และ รหัสวิชา อะไร เมื่อได้รหัสนักศึกษาและรหัสวิชาแล้ว ระบบคำนวณคะแนนจนเสร็จ

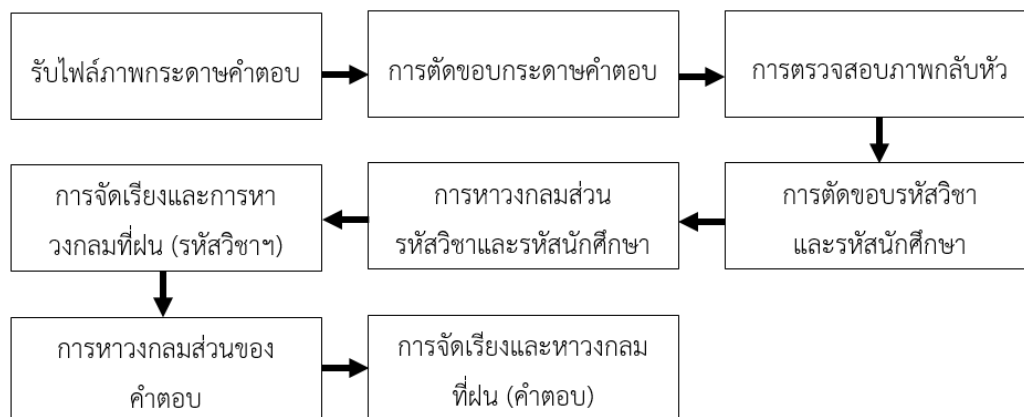
3. การส่งข้อมูลออก (Output) ในส่วนของการส่งออกโปรแกรมจะแสดงภาพที่ระบายข้อถูกหรือข้อผิดและ เก็บคะแนนไว้



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดของงานวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย

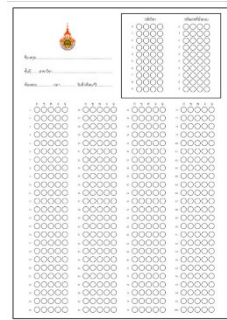
กระบวนการตรวจสอบปรนัยแบบวิธีการฝนแบบกระดาศรรรมดาด้วยหลักการประมวลผลภาพเพื่อ ประยุกต์ใช้งานในองค์กร ประกอบด้วย 7 ขั้นตอนดังนี้



ภาพที่ 2 ขั้นตอนกระบวนการทำงาน 7 ขั้นตอน

จากภาพที่ 2 แสดงระบบตรวจสอบที่พัฒนาขึ้นจำเป็นต้องใช้รูปแบบกระดาศำตอบที่ออกแบบขึ้นมา สำหรับใช้งานจริงในองค์กรโดยเฉพาะเท่านั้นไม่สามารถใช้ร่วมกับกระดาศำตอบแบบทั่วไปได้ กระดาศำตอบ แบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ (1) ส่วนให้กรอกข้อมูลแบบตัวอักษร เช่น ชื่อ ชื่อวิชา รหัสวิชา (2) ส่วนให้ฝนรหัสวิชาและ รหัสศึกษามีขนาดอย่างละ 10 แถว 4 คอลัมน์ (3) ส่วนตอบข้อสอบแบบปรนัยชนิดฝนมี 4 ชุด จากซ้ายไปขวา

แต่ละชุดจะมีขนาด 25 แถว 5 คอลัมน์ คือมีช่องให้ฝนได้ชุดละ 25 ข้อ แบบ 5 ตัวเลือก 4 ชุด สามารถใช้ตอบคำถามได้ทั้งหมด 100 ข้อ แสดงดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ภาพกระดาษคำตอบที่ออกแบบ

เมื่อทำการออกแบบกระดาษคำตอบเรียบร้อยแล้วก็จะเข้าสู่กระบวนการของการทำงานของระบบ 7 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ส่วนตัดกรอบของกระดาษคำตอบในส่วนนี้จะมีกระบวนการทั้งหมด 6 กระบวนการ

1. การโหลดไฟล์ภาพและลดขนาด

ระบบทำการโหลดไฟล์ภาพกระดาษคำตอบ (Nordenfelt, Cooper and Hochstetter, 2018) โดยใช้คำสั่ง cv2.imread จากนั้นนำข้อมูลภาพกระดาษคำตอบที่ถูกเก็บไว้ในตัวแปร ทำการลดขนาดของภาพ (Zhang et al., 2018) เพื่อให้ภาพคมชัดและนำไปใช้ในขั้นตอนปรับปรุงคุณภาพ โดยใช้คำสั่ง cv2.resize กำหนดขนาด 1000*1300 พิกเซล แสดงดังภาพที่ 4 (ก)

2. แปลงภาพสีเทา

สำหรับการการแปลงค่าสี RGB เป็นสีเทา (Padmavathi and Thangadurai, 2016) ; Thimthong and Soteyome, 2019) ซึ่งเป็นขั้นตอนการเตรียมภาพเพื่อให้การประมวลผลมีความรวดเร็วขึ้นโดยการแปลงค่าสีเป็นสีเทาโดยค่าอยู่ที่ 0-255 โดยหาได้จากสมการ(1) ดังนี้ และผลที่ได้แสดงดังภาพที่ 4 (ข)

$$G' = 0.3R + 0.59G + 0.11B \quad (1)$$

โดยกำหนดให้

G' คือ ค่าระดับสีเทา

R คือ ค่าระดับสีแดง

G คือ ค่าระดับสีเขียว

B คือ ค่าระดับสีน้ำเงิน

3. การเบลอภาพ

การทำเบลอรูปภาพเพื่อที่จะให้จุดที่ต่อกันเป็นรูปทรงต่างๆ ขยายตัวแล้วเส้นก็จะชิดกันมากขึ้น ลดสัญญาณรบกวนความถี่สูง เพื่อให้กระบวนการตรวจจับรูปทรงมีความแม่นยำยิ่งขึ้น คำสั่งที่ใช้ในการเบลอภาพ (Ali and Medhat, 2018) ; Achilleas et al., 2017) เพื่อลดสัญญาณรบกวน คือ cv2.GaussianBlur โดยนำข้อมูลภาพ

กระดาษคำตอบที่ผ่านการแปลงภาพสีเทามาใช้งานในการทำภาพเบลอ โดยหาได้จากสมการ (2) ดังนี้ และผลที่ได้จากการกำหนดใช้เคอร์เนล 5×5 แสดงดังภาพที่ 4 (ค)

$$G_{\sigma}(x, y) = e^{-\frac{r^2}{2\sigma^2}} = e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}} \quad (2)$$

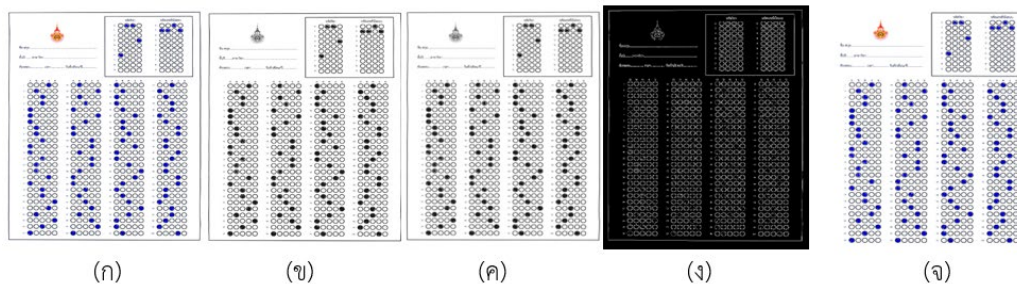
โดยกำหนดให้

σ คือ ค่า Standard deviation ของความกว้างของการกระจาย

r คือ รัศมีจากจุดศูนย์กลางของ filter

4. ค้นหาเส้นขอบของภาพ

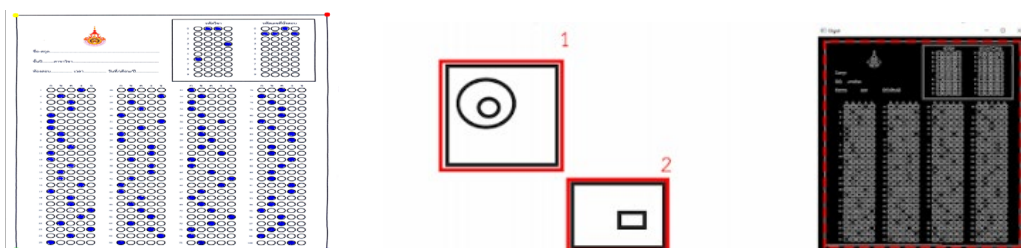
การค้นหาขอบภาพด้วยวิธีแบบแคนนี่ (Permpoonsinsup and Chatwaranon, 2018) เพื่อให้เห็นภาพชัดขึ้น (Baştan, Bukhari and Breuel, 2017) โดยคำสั่ง cv2.canny โดยเรียกข้อมูลภาพกระดาษคำตอบที่ผ่านการเบลอภาพมาใช้ค้นหาเส้นขอบของภาพลักษณะพื้นหน้าหรือเส้นขอบสีขาว บนพื้นหลังสีดำ ดังภาพที่ 4 (ง)



ภาพที่ 4 (ก) ภาพที่ถูกลดขนาด (ข) ภาพที่แปลงสีเทา (ค) ภาพที่ถูกเบลอภาพ (ง) ภาพค้นหาเส้นขอบ (จ) ภาพหาเส้นขอบ (canny) ตัดมุมสี่มุม

5. ค้นหามุมจากรูปร่างของขอบภาพ

การค้นหามุมจากรูปร่างใช้คำสั่ง cv2.findcontours โดยกำหนดให้ค้นหารูปทรงนอกสุดของข้อมูลภาพกระดาษคำตอบที่ผ่านการค้นหาเส้นขอบของภาพทั้งภาพ แล้วการวนลูปข้อมูลทั้งหมด เพื่อค้นหามุมสี่มุมในการกำหนดการตัดขอบภาพกระดาษคำตอบที่ไม่ใช้งาน คงเหลือไว้เฉพาะข้อมูลภาพกระดาษคำตอบที่ต้องการ ซึ่งเป็นส่วนที่อยู่ในกรอบมุมทั้งสี่ โดยใช้ในคำสั่ง cv2.approxPolyDP ในการหามุมของสี่เหลี่ยมของภาพ ดังภาพที่ 5 เป็นภาพแสดงผลการค้นหามุมทั้งสี่ จุดสีแดง คือ จุดที่ 1 จุดสีเหลือง คือ จุดที่ 2 จุดสีเขียว คือ จุดที่ 3 จุดสีน้ำเงิน คือ จุดที่ 4 ต่อมาเป็นการตัดภาพจากข้อมูลมุมทั้ง 4 มุม

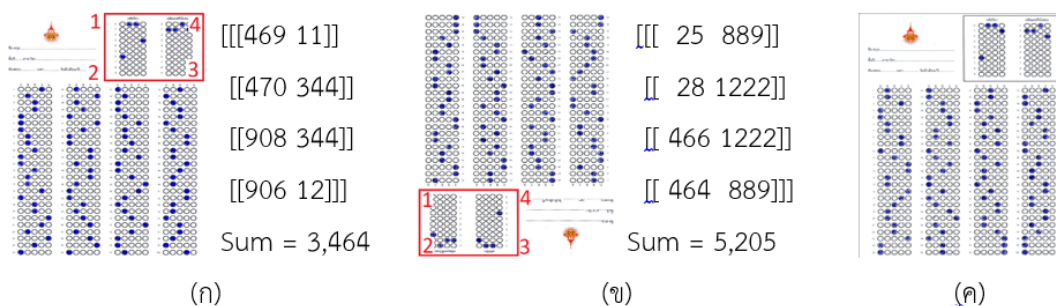


ภาพที่ 5 การใช้คำสั่งการค้นหามุมกรอบภาพจากด้านนอกสุด และการครอบภาพ

6. การตัดกรอบภาพกระดาษคำตอบเก็บ โดยการตัดกรอบภาพกระดาษคำตอบ ด้วย four_point_tranform เป็นคำสั่งที่ใช้ในการตัดภาพ เพื่อให้ภาพมีเฉพาะข้อมูลที่ต้องการ (ด้านในของมุมทั้งสี่) โดยการนำข้อมูลจากการค้นหามุมขอบภาพ แล้วตัดภาพส่วนกรอบนอกเหลือภาพที่ไม่มีกรอบ ดังภาพที่ 4 (จ)

ขั้นตอนที่ 2 การตรวจสอบภาพกลับหัว

จากขั้นตอนที่ 1 เป็นการประมวลผลภาพการตัดกรอบภาพกระดาษคำตอบ เพื่อให้ภาพมีเฉพาะข้อมูลที่ต้องการ นำผลลัพธ์เก็บไว้ในที่ตัวแปร 3 ตัว ขั้นตอนนี้จะเรียกใช้ตัวแปรข้อมูลภาพกระดาษคำตอบที่ค้นหาเส้นขอบของภาพและผ่านการตัดกรอบนอกออก โดย (Babu and Raghunadh, 2016) เพื่อค้นหารูปทรงสี่เหลี่ยมในภาพ จากนั้นทำการวนลูปข้อมูลทั้งหมด เพื่อค้นหามุมสี่มุมของกรอบสี่เหลี่ยมของส่วนรหัสวิชากับรหัสนักศึกษา โดยใช้ในคำสั่ง cv2.approxPolyDP คำสั่งนี้เป็นการหามุมของสี่เหลี่ยมของภาพ การตรวจสอบว่าภาพนั้นกลับหัวหรือไม่ โดยใช้วิธีการนำค่าข้อมูล array ของตำแหน่งมุม 4 มุม มาหาผลรวมด้วยฟังก์ชัน sum() เพื่อรวมค่าในตัวแปรทั้งหมด ฉะนั้นหากกรอบสี่เหลี่ยมของส่วนรหัสวิชากับรหัสนักศึกษายู่ส่วนบนของกระดาษคำตอบ ค่า array ที่รวมกันจะได้น้อยกว่า 4,000 แต่ถ้าภาพนั้นกลับหัวอยู่ ค่า array ที่รวมกันจะได้มากกว่า 4,000 เมื่อถ้าค่ามากกว่า 4,000 ก็จะตรงตามเงื่อนไขที่กำหนดโดยให้หมุน 180 องศา ด้วยคำสั่ง cv2.getRotationMatrix2D ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 (ก) ตรวจสอบการกลับหัวกระดาษคำตอบปกติ (ข) ตรวจสอบการกลับหัวกระดาษคำตอบที่กลับหัว

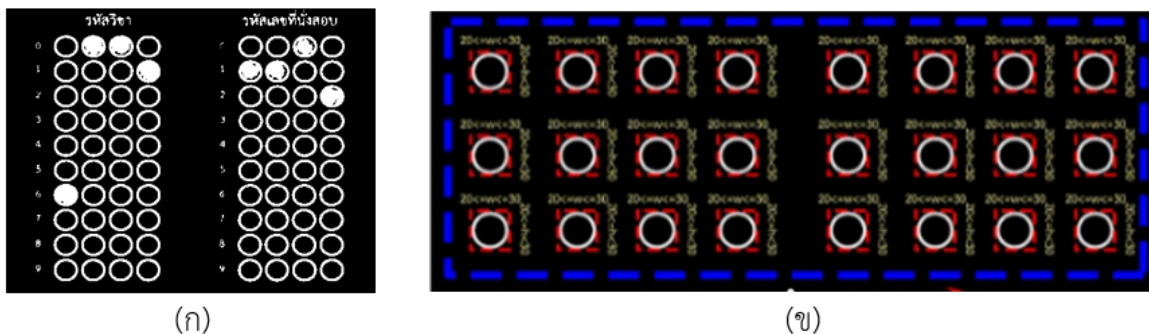
(ค) ภาพที่โปรแกรมสั่งกลับหัวเมื่อผลรวมของตำแหน่งมุม 4 มุม เกิน 4,000

ขั้นตอนที่ 3 การตัดกรอบรหัสวิชาและรหัสนักศึกษา

นำข้อมูลภาพกระดาษคำตอบที่ผ่านการตรวจสอบการกลับหัว มาทำการค้นหารูปทรงและหากรอบสี่เหลี่ยมของกรอบรหัสวิชาและรหัสนักศึกษา แล้วใช้คำสั่ง four_point_tranform ตัดกรอบสี่เหลี่ยมรหัสวิชาและรหัสนักศึกษาออก และนำข้อมูลภายในกรอบรหัสวิชาและรหัสนักศึกษาเก็บไว้ในตัวแปร ดังภาพที่ 7 (ก)

ขั้นตอนที่ 4 การหาวงกลมในส่วนรหัสวิชาและรหัสนักศึกษา

เป็นการกำหนดขนาดของภาพ โดย (Moon et al., 2018) ; Pataky, Robinson and Vanrenterghem, 2016) นำหลักการ Region-of-interest (ROI) มาใช้โดยนำข้อมูลภาพรหัสวิชาและรหัสนักศึกษา ใช้ในการหาวงกลมซึ่งข้อมูลภาพรหัสวิชาและรหัสนักศึกษานี้จะถูกแปลงข้อมูลภาพเป็นภาพสีเทา ต่อมาจะทำการแปลงภาพเป็นภาพไบนารี โดยใช้คำสั่ง `cv2.threshold` จากคำสั่งกำหนดให้ภาพที่แปลงนั้นเป็นลักษณะภาพแบบกลับสีจากสีดำเป็นสีขาวจากสีขาวเป็นสีดำ ด้วยคำสั่ง `cv2.THRESH_BINARY_INV` เมื่อทำการแปลงภาพเสร็จจะนำข้อมูลภาพกรอบรหัสวิชาและรหัสนักศึกษาที่ผ่านการแปลงภาพเป็นภาพไบนารีและสลับโทนสี ทำการค้นหารูปทรงวงกลมจากข้อมูลภาพทั้งภาพ โดยใช้คำสั่ง `cv2.findContours` แล้วนำข้อมูลรูปทรงวงกลมมาตรวจสอบตามเงื่อนไขที่กำหนดคือขนาดของวงกลมที่ต้องการหาในภาพ โดยกำหนดให้ $20 \leq w \leq 30$, $20 \leq h \leq 30$, $0.7 \leq ar \leq 1.5$ ข้อมูลวงกลมที่ผ่านการตรวจสอบจำนวน 80 วงกลม เก็บที่ตัวแปร `questionCnts` ดังภาพที่ 7 (ข)



ภาพที่ 7 (ก) ภาพตัดกรอบจากการหามุม 4 มุมของกรอบรหัสวิชาและรหัสนักศึกษา
(ข) เงื่อนไขการค้นหารูปทรงวงกลมของภาพ

ขั้นตอนที่ 5 การจัดเรียงและหาวงกลมที่ถูกฝน (ส่วนรหัสวิชาและรหัสนักศึกษา)

สำหรับการจัดเรียงข้อมูล (Othman et al., 2018) ในที่นี้คือวงกลมที่ผ่านการตรวจสอบจำนวน 80 วงกลม โดยใช้คำสั่ง `sort_contours` ซึ่งถ้าไม่ได้กำหนด Method ด้านหลัง ค่ามาตรฐานก็คือ การเรียงจากซ้ายไปขวา ที่ทำการจัดเรียงข้อมูลในส่วนนี้เพื่อให้มั่นใจว่าข้อมูลแรกจะอยู่ด้านซ้ายบนสุดเสมอ จากนั้นทำการตรวจสอบวงกลมที่ถูกฝนทีละคอลัมน์ โดยการจัดเรียงข้อมูลจากบนลงล่างครั้งละ 10 ข้อมูลตามลำดับ และตรวจสอบการฝน หากมีการฝนให้เก็บข้อมูลที่ตัวแปร `sub1` โดยเก็บลำดับที่และปริมาณการฝน ทำไปให้ครบ 4 คอลัมน์ จะได้ข้อมูล `sub1`, `sub2`, `sub3` และ `sub4` ตามลำดับ นำข้อมูลมารวมกันซึ่งเป็นข้อมูลรหัสวิชา จากนั้นทำการตรวจสอบวงกลมที่ถูกฝนของรหัสนักศึกษาซึ่งเป็นข้อมูล 40 ตัวท้าย ตรวจสอบการฝนรหัสนักศึกษาต่อ โดยการฝนไว้ที่ตัวแปร `id1`, `id2`, `id3` และ `id4` นำข้อมูลมารวมกันได้เป็นข้อมูลรหัสนักศึกษา ดังภาพที่ 8



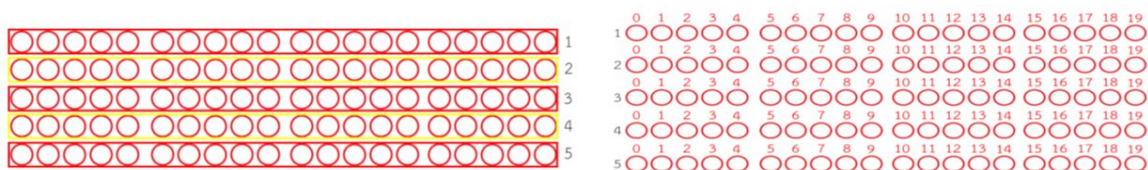
ภาพที่ 8 ตรวจสอบและเก็บข้อมูลการผันรหัสวิชาและรหัสนักศึกษา

ขั้นตอนที่ 6 การหาวงกลมในส่วนของการหาคำตอบ

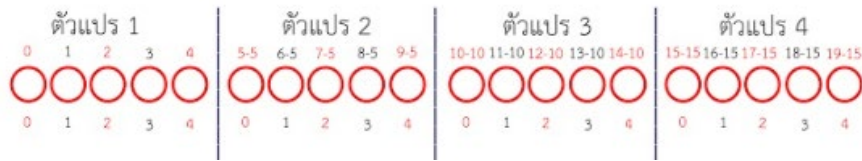
นำข้อมูลภาพกระดาษคำตอบที่ผ่านการตรวจสอบการกลับหัวในแบบสีเทามาใช้ในการหาวงกลม ต่อมาจะทำการแปลงภาพเป็นภาพไบนารี (Ma and Chen, 2017) โดยใช้คำสั่ง `cv2.threshold` เมื่อทำการแปลงภาพเสร็จจะนำข้อมูลภาพมาทำการค้นหาข้อมูลวงกลมทั้งภาพ (Buyukyilmaz et al., 2017) โดยใช้คำสั่ง `cv2.findContours` เก็บข้อมูลวงกลมที่หาเจอในภาพ และเป็นการนำข้อมูลภาพวงกลมมาคำนวณตามเงื่อนไขที่กำหนดก็คือ ขนาดของวงกลมที่หาในภาพ $20 \leq w \leq 30, 20 \leq h \leq 30, 0.7 \leq ar \leq 1.5$ ข้อมูลวงกลมที่ผ่านการตรวจสอบจำนวน 500 วง

ขั้นตอนที่ 7 การจัดเรียงและหาวงกลมถูกผัน(ส่วนตอบข้อสอบ)

การนำข้อมูลวงกลมที่ผ่านการตรวจสอบจำนวน 500 วงมาจัดเรียง โดยใช้คำสั่ง `contours.sort_contours` กำหนดรูปแบบการจัดเรียงคือจากบนลงล่าง และทำการจัดเรียงอีกครั้งโดยเรียงจากซ้ายไปขวา ซึ่งจะได้ผลลัพธ์การเรียงลำดับวงกลมคำตอบ จาก 0 ถึง 19 ในแนวนอน ดังภาพที่ 9 นำข้อมูลที่ถูกจัดเรียงแล้วนำเข้าตัวแปรโดยแบ่งตัวแปรออกเป็น 4 ตัว โดยตัวแปรที่ 1 จะเก็บข้อมูลวงกลมคำตอบที่ผันคำตอบลำดับที่ 0-4 (ข้อที่ 1) ตัวแปรที่ 2 จะเก็บข้อมูลวงกลมคำตอบที่ผันคำตอบลำดับที่ 5-9 (ข้อที่ 26) ตัวแปรที่ 3 จัดเก็บข้อมูลวงกลมคำตอบที่ผันคำตอบลำดับที่ 10-14 (ข้อที่ 51) และตัวแปรที่ 4 จะเก็บข้อมูลวงกลมคำตอบที่ผันคำตอบลำดับที่ 15-19 (ข้อที่ 76) โดยแต่ละตัวแปรจะมีค่าคงที่ในการลบลำดับที่ของแต่ละตัวแปรคือตัวแปรที่ 1 จะลบด้วยค่า 0 ตัวแปรที่ 2 จะลบด้วยค่า 5 ตัวแปรที่ 3 จะลบด้วยค่า 10 ตัวแปรที่ 4 จะลบด้วย 15 เพื่อให้ข้อมูลในแต่ละตัวแปรมีการเรียงลำดับที่เหมือนกัน คือ 0 1 2 3 และ 4 โดย 0 แทนคำตอบ ก. 1 แทนคำตอบ ข. 2 แทนคำตอบ ค. 3 แทนคำตอบ ง. และ 4 แทนคำตอบ จ. ดังภาพที่ 10 ทำการวนซ้ำตรวจสอบการ ผันคำตอบจนครบตามจำนวนแถว คือ 25 ครั้ง เมื่อทำครบจะนำค่าคงที่บวกไปยังตำแหน่งของตัวแปรที่เก็บข้อมูลการผันคำตอบ เพื่อให้ข้อมูลมีการเรียงข้อ โดยตัวแปรที่ 1 + 0 ตัวแปรที่ 2 + 25 ตัวแปรที่ 3 + 50 และตัวแปรที่ 4 + 75 ดังภาพที่ 11 นำข้อมูลคำตอบที่ถูกต้องมาเปรียบเทียบกับข้อมูลในตัวแปรที่ 1 ตัวแปรที่ 2 ตัวแปรที่ 3 และตัวแปรที่ 4 แล้วทำการแสดงผลหาข้อที่ผันคำตอบถูกก็จะแสดงสีเขียว หาข้อที่ผันผิดก็จะแสดงสีแดง และนับคะแนนรวมข้อที่ตอบถูกที่ถูกแสดงผล



ภาพที่ 9 การจัดเรียงลำดับวงกลมคำตอบ จากบนลงล่างและจากซ้ายไปขวา



ภาพที่ 10 การเก็บข้อมูลวงกลมคำตอบเข้าตัวแปร

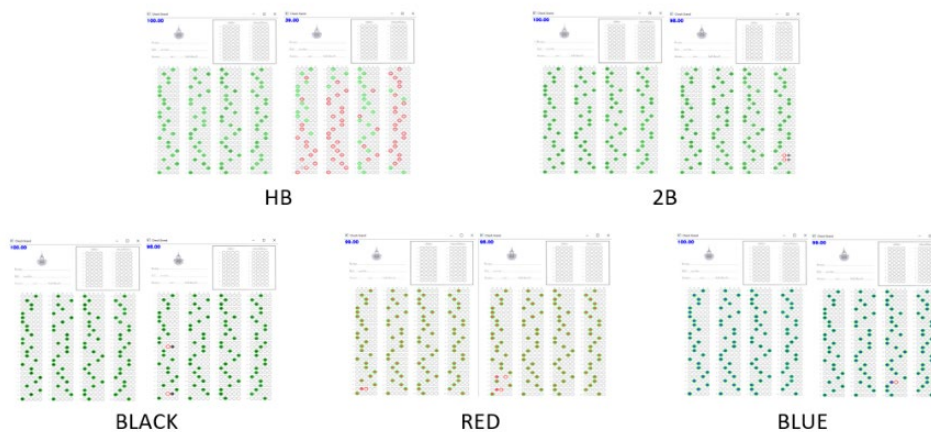
ตัวแปร 1	ตัวแปร 2	ตัวแปร 3	ตัวแปร 4
0	0+25=25	0+50=50	0+75=75
1	1+25=26	1+50=51	1+75=76
2	2+25=27	2+50=52	2+75=77
3	3+25=28	3+50=53	3+75=78
4	4+25=29	4+50=54	4+75=79
5	5+25=30	5+50=55	5+75=80
6	6+25=31	6+50=56	6+75=81
7	7+25=32	7+50=57	7+75=82
8	8+25=33	8+50=58	8+75=83
9	9+25=34	9+50=59	9+75=84
10	10+25=35	10+50=60	10+75=85
11	11+25=36	11+50=61	11+75=86
12	12+25=37	12+50=62	12+75=87
13	13+25=38	13+50=63	13+75=88
14	14+25=39	14+50=64	14+75=89
15	15+25=40	15+50=65	15+75=90
24	24+25=59	24+50=79	24+75=99

ภาพที่ 11 การกำหนดลำดับค่าของตัวแปรเพื่อให้สอดคล้องกับเลขข้อของคำตอบ

ผลการวิจัย

ในการทดสอบการทำงานของระบบตรวจสอบแบบปรนัยโดยวิธีการฝนมีรายละเอียดดังนี้

1. ทดสอบความผิดพลาดการทำงานของโปรแกรมด้วยอุปกรณ์การฝนคำตอบ 5 ประเภท ระบบที่พัฒนาขึ้นทำการทดสอบโดยใช้กระดาษคำตอบที่ฝนเครื่องหมายวงกลมทึบแบบเต็มวง 100 ข้อ จำนวนอย่างละ 30 แผ่น โดยจะใช้อุปกรณ์การฝนคำตอบ 5 ประเภท คือ (1) ดินสอ HB (2) ดินสอ 2B (3) ปากกาแดง (4) ปากกาดำ (5) ปากกาน้ำเงิน รวมใช้ภาพกระดาษคำตอบตัวอย่างทั้งหมด 150 ภาพ ฝนคำตอบ 15,000 ข้อ ใช้รูปแบบการฝนกระดาษคำตอบเต็มวง ผลวิจัยใช้อุปกรณ์การฝนคำตอบ ดินสอ HB ดินสอ 2B ปากกาแดง ปากกาดำ และปากกาน้ำเงิน ค่าความถูกต้องของระบบร้อยละ 96.3, 100, 100, 100 และ 100 ตามลำดับ ดังภาพที่ 12 และตารางที่ 1



ภาพที่ 12 ผลการทำงานอุปกรณ์แต่ละประเภท

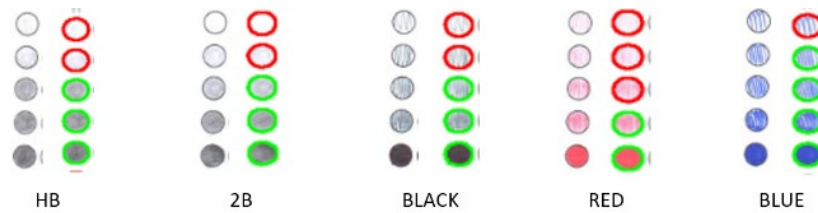
ตารางที่ 1 ค่าความผิดพลาดและค่าความถูกต้องของอุปกรณ์แต่ละประเภท

ประเภทอุปกรณ์	จำนวน (แผ่น)	ความถูกต้อง (ข้อ)	ความผิดพลาด (ข้อ)	ความถูกต้องแม่นยำ (%)
ดินสอ HB	30	2,889	111	96.3%
ดินสอ 2B	30	3,000	0	100%
ปากกาแดง	30	3,000	0	100%
ปากกาดำ	30	3,000	0	100%
ปากกาน้ำเงิน	30	3,000	0	100%

2. การทดสอบโดยใช้กระดาษคำตอบที่ผนวกกลม 7 รูปแบบที่แตกต่างกัน จำนวน 10 ข้อ อย่างละ 20 แผ่น โดยจะใช้อุปกรณ์การฝนแบบเดิม คือ ดินสอ HB, ดินสอ 2B, ปากกาแดง, ปากกาดำ และปากกาน้ำเงิน โดยจะแบ่งรูปแบบต่างๆ รวมใช้ภาพกระดาษคำตอบตัวอย่างทั้งหมด 700 ภาพ จากการประมวลผลดังนี้ (1) แบบฝนครึ่งวงกลม แถวแนวนอน ความถูกต้องร้อยละ 87.9 (2) แบบฝนวงกลมไม่เต็มวง ความถูกต้องร้อยละ 96.7 (3) แบบฝนเกินช่อง วงกลมซ้ายและขวา(ฝนขอบเส้นข้อข้างเคียง) ความถูกต้องร้อยละ 0 (4) แบบฝนเกินช่องวงกลมขีดขวา(ฝนขอบเส้น ข้อข้างเคียง) ความถูกต้องร้อยละ 0 (5) แบบฝนเต็มวงแบบบาง ความถูกต้องร้อยละ 38 (6) แบบฝนจุดตรงกลาง ความถูกต้องร้อยละ 0 (7) แบบฝนกระดาษคำตอบเต็มวง ความถูกต้องร้อยละ 100

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบสำหรับตรวจสอบปรนัยแบบวิธีการฝนแบบกระดาษธรรมดาด้วย หลักการประมวลผลภาพเพื่อประยุกต์ใช้งานในองค์กร โดยใช้ไฟล์ภาพจำนวนอย่างละ 30 ไฟล์กับอุปกรณ์การฝน คำตอบ 5 ประเภท รวมใช้ภาพกระดาษคำตอบตัวอย่างทั้งหมด 150 ภาพ ฝนคำตอบ 15,000 ข้อ ใช้รูปแบบการฝน กระดาษคำตอบเต็มวง เป็นกลุ่มตัวอย่างสำหรับทดสอบระบบ ซึ่งวิจัยครั้งนี้ได้นำกระบวนการและเทคนิคการประมวลผล ภาพมาประยุกต์ใช้ในระบบของการปรับปรุงคุณภาพของภาพ อาทิ การลดสัญญาณรบกวนภาพด้วยวิธีเกาเซียน การค้นหาเส้นขอบของภาพ และกระบวนการทำงานของระบบประกอบด้วย 7 ขั้นตอนซึ่งทดลองและเปรียบเทียบ การทำงานความถูกต้องแม่นยำ ระบบโดยใช้อุปกรณ์การฝนคำตอบ 5 ประเภท คือ ดินสอ HB ดินสอ 2B ปากกาแดง ปากกาดำ และปากกาน้ำเงิน ผลวิจัยแสดงค่าความถูกต้องของระบบร้อยละ 96.3, 100, 100, 100 และ 100 ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าแบบดินสอ 2B ปากกาแดง ปากกาดำ และปากกาน้ำเงิน มีค่าความถูกต้องเท่ากัน ส่วนดินสอ HB มีความถูกต้องแม่นยำน้อยกว่า เกิดจากความเข้มของการฝนกระดาษคำตอบดินสอ HB ไม่เข้มพอที่ระบบทำการตรวจจับได้ ดังภาพที่ 13 ระบบจึงแจ้งไม่พบการฝนคำตอบ ทำให้ข้อดังกล่าวระบบแจ้งว่าผิด และการทดสอบโดยใช้กระดาษคำตอบที่ผนวกกลม 7 รูปแบบที่แตกต่างกัน ซึ่งวิธีที่ให้ความถูกต้องดีที่สุด คือ รูปแบบการฝน กระดาษคำตอบวงกลมแบบวงกลมสมบูรณ์ คิดเป็นร้อยละ 100 ของระบบข้อสอบได้จริงและผลที่ออกมาก็เป็นที่น่าพอใจ เป็นที่ยอมรับได้มากที่สุดสำหรับการใช้งานทั้ง 7 รูปแบบ



ภาพที่ 13 การตอบสนองความเข้มของอุปกรณ์การฝน 5 ประเภท

อภิปรายผล

ผู้วิจัยใช้ตัวอย่างไฟล์ภาพของกระดาษคำตอบกับอุปกรณ์การฝนคำตอบ 5 ประเภท ใช้รูปแบบการฝนกระดาษคำตอบเต็มวง เพื่อใช้ในการทดลองประสิทธิภาพของระบบ ด้วยการรับไฟล์ภาพนามสกุล .JPG และทำการประมวลผลภาพเบื้องต้นด้วยวิธีการแปลงภาพเป็นสีเทา และการเบลกอภาพเพื่อลดสัญญาณรบกวนสำหรับนำภาพที่ได้ไปค้นหาขอบภาพ โดยงานวิจัยนี้ใช้วิธีการค้นหาขอบภาพด้วยวิธีแคนนี่ เพื่อให้ได้ระดับความคมชัดของภาพ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ (Li et al., 2018) ; Guiming and Jidong, 2018) ที่ใช้อัลกอริทึมแบบตรวจจับขอบภาพแบบแคนนี่และวิธีการเพื่อลดสัญญาณรบกวนของภาพแบบเกาส์เซียนเข้ามาช่วยในการปรับปรุงคุณภาพของภาพได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยสามารถดึงขอบภาพกระดาษคำตอบที่ได้ทำการออกแบบไว้ได้อยู่ในระดับที่น่าพอใจ ซึ่งจากภาพที่ใช้วิธีการแบบแคนนี่ สามารถนำภาพไปใช้ในกระบวนการค้นหาขอบภาพจากรูปทรงของขอบภาพ เพื่อเข้าสู่ขั้นตอนต่อไปของการทำงานของระบบสำหรับใช้หาผลลัพธ์ของกระดาษคำตอบต่อไป

ข้อเสนอแนะ

ระบบการตรวจข้อสอบที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปต่อยอดเพื่อพัฒนาการใช้งานรูปแบบแอปพลิเคชันบนสมาร์ตโฟน ทั้งนี้เพื่อเพิ่มความสะดวกให้กับอาจารย์ผู้สอนโดยไม่จำเป็นต้องสแกนเอกสารกระดาษคำตอบในรูปแบบไฟล์ภาพ ซึ่งทำให้ช่วยลดระยะเวลาในการตรวจข้อสอบได้

เอกสารอ้างอิง

- Achilleas, M., Eleni, D., Paris-Alexandros, K., and Minas, D. (2017). Real time detection of suspicious objects in public areas using computer vision. *The Proceedings of the 21st Pan-Hellenic Conference on Informatics*. September 2017, at Greek Com Soc, University of Thessaly, 1-2.
- Ali, Y. H., and Medhat, R. A. (2018). Enhancement of Principal Component Analysis using Gaussian Blur Filter. *Iraqi Journal of Science*, 59(3B), 1509-1517.
- Babu, K. M., and Raghunadh, M. V. (2016). Vehicle number plate detection and recognition using bounding box method. *The Proceedings of the International Conference on Advanced Communication Control and Computing Technologies (ICACCCT)*, 25-27 May 2016, at Ramanathapuram, India, 106-110.
- Baştan, M., Bukhari, S. S., and Breuel, T. (2017). Active Canny: edge detection and recovery with open active contour models. *IET Image Processing*, 11(12), 1325-1332.

- Buyukyilmaz, M., Cibikdiken, A. O., Abdalla, M. A., and Seker, H. (2017). Identification of Chicken Eimeria Species from Microscopic Images by Using MLP Deep Learning Algorithm. *The Proceedings of the International Conference on Video and Image Processing*, December 2017 ,at Nanyang Technological University, 84-88.
- Catalan, J. A. (2017). A framework for automated multiple-choice exam scoring with digital image and assorted processing using readily available software. *The Proceedings of the DLSU research congress 2017*, 20-22 June 2017,at De La Salle University, Manila, Philippines,1-5.
- Gonzalez, N. (2019). Optical Mark Recognition Based on Image Processing Techniques for the Answer Sheets of the Colombian High-Stakes Tests. *The Proceedings of the Applied Computer Sciences in Engineering: 6th Workshop on Engineering Applications, WEA 2019*, 16–18 October 2019, at Santa Marta, Colombi, 167-176.
- Guiming, S., and Jidong, S. (2018). Multi-Scale Harris Corner Detection Algorithm Based on Canny Edge-Detection. *The Proceedings of the 2018 IEEE International Conference on Computer and Communication Engineering Technology (CCET)*, 18-20 August 2018 ,at Beijing, China, 1-5.
- Kumar, A., Singal, H., and Bhavsar, A. (2018). Cost Effective Real-Time Image Processing Based Optical Mark Reader. *International Journal of Computer and Information Engineering*, 12(9), 787-791.
- Li, R. et al. (2018). Canny Threshold Selection Algorithm Based on the Second Derivative of Image Gradient. *The Proceedings of the 2018 International Conference on Information Systems and Computer Aided Education (ICISCAE)*, 6-8 July 2018, at Changchun, China,1-6.
- Ma, X., and Chen, C. (2017). An Intelligent Bird-repellent Device Based on Raspberry Pi. *The Proceedings of the 7th International Conference on Education, Management, Information and Mechanical Engineering (EMIM 2017)*, 28-30 April 2017, in Shenyang, China, 649-653.
- Moon, J. H., Hwang, J.-Y., Park, J. S., Koh, S. H., and Park, S.-Y. (2018). Impact of region of interest (ROI) size on the diagnostic performance of shear wave elastography in differentiating solid breast lesions. *Acta Radiologica*, 59(6), 657-663.
- Nordenfelt, P., Cooper, J. M., and Hochstetter, A. (2018). Matrix-masking to balance nonuniform illumination in microscopy. *Optics express*, 26(13), 17279-17288.
- Othman, N. A., Salur, M. U., Karakose, M., and Aydin, I. (2018). An Embedded Real-Time Object Detection and Measurement of its Size. *The Proceedings of the 2018 International Conference on Artificial Intelligence and Data Processing (IDAP)*, 28-30 September 2018, at Malatya, Turkey,1-5.

- Padmavathi, K., and Thangadurai, K. (2016). Implementation of RGB and grayscale images in plant leaves disease detection–comparative study. *Indian Journal of Science and Technology*, 9(6), 1-6.
- Pataky, T. C., Robinson, M. A., and Vanrenterghem, J. (2016). Region-of-interest analyses of one-dimensional biomechanical trajectories: bridging 0D and 1D theory, augmenting statistical power. *PeerJ Chemistry Journals*, 4, e2652,1-15.
- Permpoonsinsup, W. and Chatwaranon, Y. (2018). Image Processing Based on Fuzzy Logic Edge Detection for Identifying Water Level of Natural Canal. *Pathumwan Academic Journal*, 8(22), 25-36. (in Thai)
- Thimthong,T. and Soteyome, U. (2019). Development of an Automatic Water Level Measurement System from CCTV Pictures Using Gray Scale - Thresholding and Regression Analysis Techniques (Pilot Phase). *Information Technology Journal*, 15(1), 40-49. (in Thai)
- Yimyam, W., and Ketcham, M. (2018). The Grading Multiple Choice Tests System via Mobile Phone using Image Processing Technique.*International Journal of Emerging Technologies in Learning (IJET)*, 13(10), 260-269.
- Zhang, Y., Luo, X., Wang, J., Yang, C., and Liu, F. (2018). A robust image steganography method resistant to scaling and detection. *Journal of Internet Technology*, 19(2), 607-618.