Received: 25 เม.ย. 2565 **Revised:** 27 พ.ค. 2565 **Accepted:** 30 พ.ค. 2565

การพัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับถ่ายภาพประจำตัวนักศึกษา มหาวิทยาลัยพายัพ จากเว็บแคเมราโดยใช้ภาษาโพรเซสซิง

An Application Development for Student ID Image Capturing, Payap University from Web Camera by using Processing

ภูมินทร์ ดวงหาคลัง[1] นิภาภรณ์ เอื้อตรงจิตต์[2] พัฒน์นรี ศรีสมพันธ์[2] และ สุรเชษฐ์ วงศ์ชมภู[2]
[1]สาขาวิชาวิศวกรรมซอฟต์แวร์ คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยพายัพ
[2]สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยพายัพ

Phumin Dounghaklung[1], Nipaporn Euathrongchit[2],
Phatnaree Srisomphan[2] and Surachet Wongchomphu[2]
[1]Software Engineering Department, Faculty of Business Administration, Payap University
[2]Computer Science Department, Faculty of Business Administration, Payap University

Abstract

The Registration and Educational Service Office, Payap University, has a unit to take a responsibility for student ID photographing. This is one of the information of student profile that has to be stored in student records. The development team was assigned to develop an application to do this task and replace the original program that was unable to work when changing the operating system from Windows 7 to Windows 10. The developer team choose Processing version 4.0 beta 7 to be the main tool for this development and operated under a rapid application development (RAD) process. The operation of the application consists of 5 steps: 1) web camera connecting, 2) image capturing, 3) image boundary definition, 4) cropping and 5) image saving. The output image will be stored in JPEG format according to the size specified by the Registration and Educational Service Office. The application can work with the existing OKER B20 480P web camera, under the Windows 10 operating system and work exactly as the user defined. The user assessment in terms of application performance was in very good level ($\bar{X}$ = 4.67 S.D. = 0.33).

Keywords: *Student ID Photo Application, Rapid Application Development Process, Processing Language, Web Camera*

บทคัดย่อ

สำนักทะเบียนและบริการการศึกษา มหาวิทยาลัยพายัพ เป็นหน่วยงานที่รับผิดชอบเรื่องการถ่ายภาพประจำตัวนักศึกษา ซึ่งเป็นหนึ่งในข้อมูลที่ต้องจัดเก็บในประวัตินักศึกษา ทีมผู้พัฒนาได้รับมอบหมายให้พัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับถ่ายภาพประจำตัวนักศึกษาทดแทนโปรแกรมเดิมที่ไม่สามารถใช้งานได้เมื่อมีการเปลี่ยนระบบปฏิบัติการจากวินโดวส์ 7 เป็นวินโดวส์ 10 โดยทีมผู้พัฒนาเลือกภาษาโพรเซสซิง เวอร์ชัน 4.0 beta 7 เป็นภาษาที่ใช้สำหรับการพัฒนาครั้งนี้ และดำเนินการภายใต้กระบวนการพัฒนาแอปพลิเคชันแบบรวดเร็ว การทำงานของแอปพลิเคชันประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การติดต่อกับเว็บแคเมรา 2) การจับภาพนิ่ง 3) การกำหนดขอบเขตภาพ 4) การตัดภาพ และ 5) การจัดเก็บไฟล์ภาพ โดยภาพผลลัพธ์จะถูกจัดเก็บในรูปแบบไฟล์ JPEG ตามขนาดที่ทางสำนักทะเบียนฯ กำหนด ผลการพัฒนา สามารถสร้างแอปพลิเคชันสำหรับถ่ายภาพประจำตัวนักศึกษาที่สามารถทำงานกับเว็บแคเมรา OKER B20 480P ที่มีอยู่เดิม ภายใต้ระบบปฏิบัติการวินโดวส์ 10 และแอปพลิเคชันมีการทำงานตรงตามที่ผู้ใช้กำหนด โดยได้รับผลการประเมินจากผู้ใช้ในด้านประสิทธิภาพของแอปพลิเคชันอยู่ในระดับดีมาก ($\overline{X}$ = 4.67 S.D. = 0.33)

***คำสำคัญ**: แอปพลิเคชันสำหรับถ่ายภาพประจำตัวนักศึกษา, กระบวนการพัฒนาแอปพลิเคชันแบบรวดเร็ว, ภาษาโพรเซสซิง, เว็บแคเมรา*

1. บทนำ

ด้วยสำนักทะเบียนและบริการการศึกษา มหาวิทยาลัยพายัพ มีหน้าที่รับผิดชอบงานถ่ายภาพประจำตัวนักศึกษา ซึ่งเป็นหนึ่งในข้อมูลที่จะต้องถูกบันทึกในระเบียนประวัติของนักศึกษา โดยเริ่มแรกเป็นการใช้โปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับการถ่ายภาพผ่านกล้องดิจิทัล แต่พบว่ามีความยุ่งยากและต้องทำงานหลายขั้นตอน ทั้งเรื่องการตัดภาพ การปรับแต่งภาพ ทางสำนักทะเบียนฯ จึงได้พัฒนาโปรแกรมถ่ายภาพประจำตัวนักศึกษา ผ่านเว็บแคเมรา (web camera) ซึ่งมีราคาถูก และคุณภาพของภาพเพียงพอต่อการใช้งาน โดยในการพัฒนาได้ใช้ภาษาซีชาร์ป (C#) กับโปรแกรมวิชวลสตูดิโอ 2010 (Visual Studio 2010) ทำงานภายใต้ระบบปฏิบัติการวินโดวส์ 7 และได้เริ่มใช้งานโปรแกรมนี้ตั้งแต่ปีการศึกษา 2559 เป็นต้นมา

การพัฒนาโปรแกรมในครั้งนั้นมีการใช้เฟรมเวิร์ก (framework) ชื่อ AForge.net สำหรับการพัฒนาแอปพลิเคชันให้สามารถจับภาพจากเว็บแคเมรา เฟรมเวิร์ก AForge.net เป็นเฟรมเวิร์กของภาษาซีชาร์ป นิยมนำมาใช้สำหรับการพัฒนาและวิจัยในสาขาของคอมพิวเตอร์วิทัศน์ (Computer Vision) รวมถึงปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence) (สัญญา สมัยมาก และคณะ, 2560)

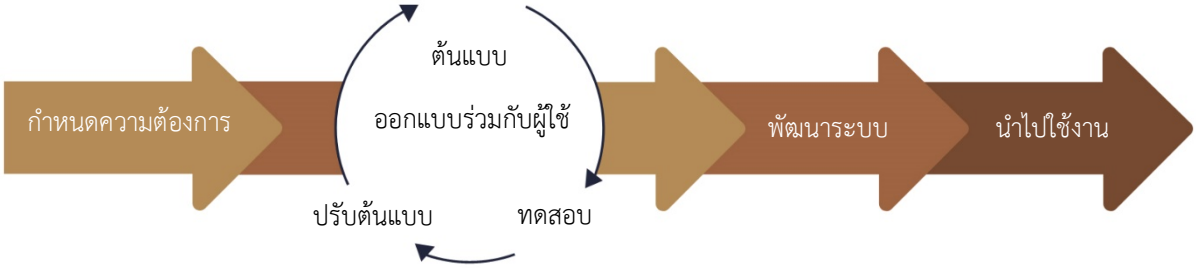
อย่างไรก็ตาม เมื่อมีการเปลี่ยนระบบปฏิบัติการวินโดวส์ที่ติดตั้งในเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้สำหรับการถ่ายภาพประจำตัวนักศึกษา จากวินโดวส์ 7 เป็นวินโดวส์ 10 ซึ่งเป็นระบบปฏิบัติการ 64 บิต พบว่าโปรแกรมเดิมที่เคยใช้อยู่นั้นไม่สามารถทำงานได้ เนื่องจากเทคโนโลยีที่ใช้ในการพัฒนาเดิมไม่สอดรับกับการทำงานบนระบบปฏิบัติการใหม่ ดังนั้นทีมผู้พัฒนาจึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาโปรแกรมใหม่โดยใช้ภาษาในตระกูลโอเพนซอร์ส (Open Source) เพื่อลดปัญหาการยึดติดกับแพลตฟอร์มของระบบปฏิบัติการ และจากการศึกษาพบว่า ภาษาโพรเซสซิง (Processing) เป็นภาษาโอเพนซอร์สที่สนับสนุนการพัฒนาแอปพลิเคชันด้านกราฟิกส์ มีไลบรารี และเครื่องมือที่ช่วยให้พัฒนาโปรแกรมได้อย่างรวดเร็ว รวมทั้งรองรับการทำงานทั้งระบบวินโดวส์ แมคโอเอส (macOS) และลีนุกซ์ (Linux) อีกด้วย ด้วยเหตุนี้ทีมผู้พัฒนาจึงเลือกภาษาโพรเซสซิงเพื่อใช้สำหรับพัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับถ่ายภาพประจำตัวนักศึกษาเวอร์ชันใหม่

2. วัตถุประสงค์

เพื่อพัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับถ่ายภาพประจำตัวนักศึกษา มหาวิทยาลัยพายัพ ผ่านเว็บแคเมรา โดยใช้ภาษาโพรเซสซิง สำหรับการใช้งานของสำนักทะเบียนและบริการการศึกษา มหาวิทยาลัยพายัพ

3. วิธีดำเนินการ

เนื่องด้วยระยะเวลาในการพัฒนาแอปพลิเคชันมีจำกัด ทางทีมผู้พัฒนาจึงได้ดำเนินการตามกระบวนการพัฒนาแอปพลิเคชันแบบรวดเร็ว (Rapid Application Development: RAD) โดยกระบวนการนี้ให้ความสำคัญกับขั้นตอนการออกแบบ และพัฒนาต้นแบบ (prototype) ซึ่งมีการกำหนดให้ผู้ใช้อยู่ในกระบวนการนี้ด้วย แทนที่จะวางตำแหน่งผู้ใช้เป็นเพียงผู้กำหนดปัญหาหรือความต้องการเท่านั้น ดังเช่นที่ทำในกระบวนการพัฒนาแบบน้ำตก (waterfall model) ซึ่งการให้ผู้ใช้มีส่วนในขั้นตอนการออกแบบและพัฒนาต้นแบบ จะส่งผลทำให้ได้แอปพลิเคชันที่ใกล้เคียงกับความต้องการของผู้ใช้ได้มากที่สุด (Creatio, 2022) การพัฒนาแอปพลิเคชันแบบรวดเร็ว ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ 1) กำหนดความต้องการ (Define Requirements) 2) ออกแบบร่วมกับผู้ใช้ (User Design) 3) พัฒนาระบบ (Construction) และ 4) นำไปใช้งาน (Implementation) (Chien, C. 2020) ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ขั้นตอนกระบวนการพัฒนาแอปพลิเคชันแบบรวดเร็ว (RAD)

รายละเอียดในการดำเนินงานแต่ละขั้นตอน มีดังนี้

3.1 กำหนดความต้องการ

ทีมผู้พัฒนาได้สัมภาษณ์เจ้าหน้าที่งานทะเบียนประวัติ สำนักทะเบียนและบริการการศึกษา มหาวิทยาลัยพายัพ ที่ดูแลรับผิดชอบงานถ่ายภาพประจำตัวนักศึกษา เพื่อทราบถึงปัญหาและรูปแบบแอปพลิเคชันที่ต้องการ โดยจะต้องสามารถทำงานภายใต้ระบบปฏิบัติการวินโดวส์ 10 ร่วมกับอุปกรณ์เว็บแคเมราที่มีอยู่เดิมได้ จากความต้องการของผู้ใช้ สามารถกำหนดขอบเขตของการพัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับการถ่ายภาพประจำตัวนักศึกษา ได้ดังนี้

- แอปพลิเคชันจะต้องสามารถทำงานได้ภายใต้ระบบปฏิบัติการวินโดวส์ 10
- แอปพลิเคชันจะต้องทำงานร่วมกับอุปกรณ์เว็บแคเมรา ยี่ห้อ OKER B20 480P ที่มีอยู่เดิมได้
- แอปพลิเคชันจะต้องมีการทำงานหลัก 3 ฟังก์ชัน ได้แก่ การจับภาพจากเว็บแคเมรา (capturing) การตัดขอบภาพ (cropping) และการจัดเก็บไฟล์ภาพ (saving)

3.2 ออกแบบร่วมกับผู้ใช้

ขอบเขตของการพัฒนาที่ได้จากขั้นตอนการกำหนดความต้องการ ได้ถูกนำมาใช้ในการออกแบบแอปพลิเคชัน ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

การออกแบบการทำงานของแอปพลิเคชัน

แอปพลิเคชันได้ถูกออกแบบเพื่อตอบสนองการใช้งานที่ง่ายและไม่ซับซ้อน โดยโปรแกรมจะเริ่มจากการติดต่อกับเว็บแคเมราที่ติดตั้งกับเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อแสดงเป็นภาพวิดีโอ จากนั้นผู้ใช้จะเริ่มทำงานกับแอปพลิเคชันทีละขั้นตอน จำนวน 4 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 : การจับภาพวิดีโอให้เป็นภาพนิ่ง

ขั้นตอนที่ 2 : การกำหนดขอบเขตภาพที่ต้องการ

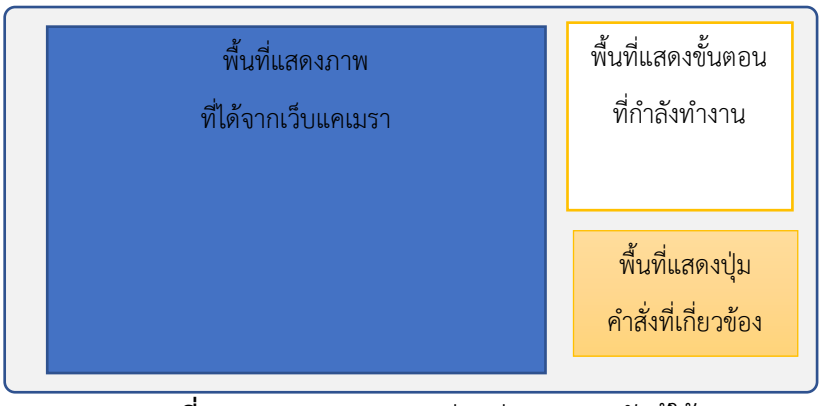
ขั้นตอนที่ 3 : การตัดภาพตามขอบเขตที่กำหนดไว้

ขั้นตอนที่ 4 : การบันทึกไฟล์ภาพลงในเครื่องคอมพิวเตอร์

การทำงานแต่ละขั้นตอน จะเป็นแบบทางเดียวตามขั้นตอน ผ่านการคลิกเมาส์ การลากเมาส์ (mouse moving) และการแดรกเมาส์ (mouse dragging) เป็นหลัก โดยแต่ละขั้นตอนจะมีการแสดงปุ่มคำสั่ง Restart เพื่อให้ผู้ใช้สามารถยกเลิกการทำงานขั้นตอนใดๆ และกลับไปทำงานในขั้นตอนที่ 1 ใหม่

ภาพที่ 2 แสดงขั้นตอนการทำงานของแอปพลิเคชัน

ในการออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ ได้กำหนดให้แอปพลิเคชันมีการทำงานบนวินโดว์ที่มีขนาด 850 x 480 พิกเซล โดยมีการแบ่งพื้นที่การทำงานเป็น 3 ส่วน ได้แก่ ส่วนแสดงภาพที่ได้จากเว็บแคเมรา ขนาด 640 x 480 พิกเซล ส่วนระบุขั้นตอนว่ากำลังทำงานที่ขั้นตอนใดพร้อมคำอธิบาย และส่วนปุ่มคำสั่ง ดังแสดงในภาพที่ 3

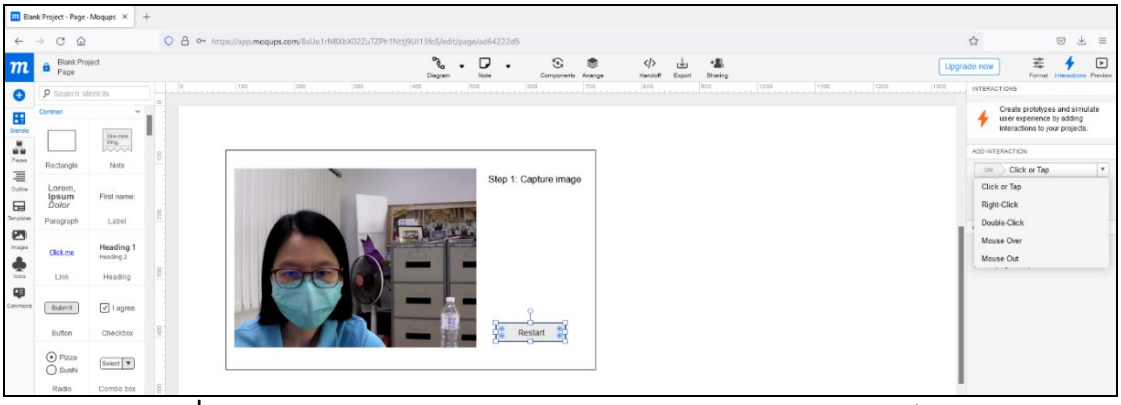


ภาพที่ 3 แสดงการออกแบบส่วนต่อประสานกับผู้ใช้

การสร้างต้นแบบของแอปพลิเคชัน

ต้นแบบในการพัฒนาซอฟต์แวร์ คือ การจำลองว่าผลิตภัณฑ์จริงทำงานอย่างไรและให้ความรู้สึกอย่างไรต่อการใช้งาน (Lonc, J., 2022) โดยมุ่งเน้นการสร้างความเข้าใจ ความชัดเจนและข้อเสนอแนะจากผู้ใช้ที่มีต่อแอปพลิเคชันที่ออกแบบ เพื่อนำไปสู่การพัฒนาจริงต่อไป

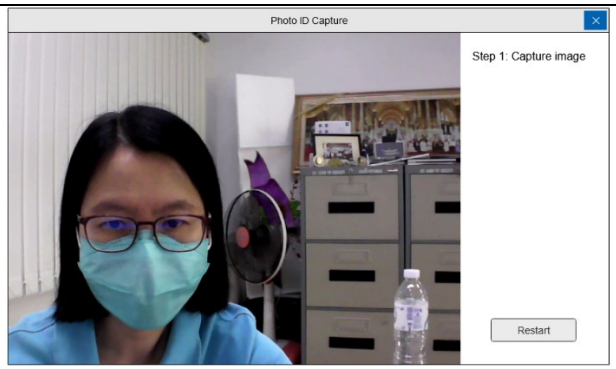
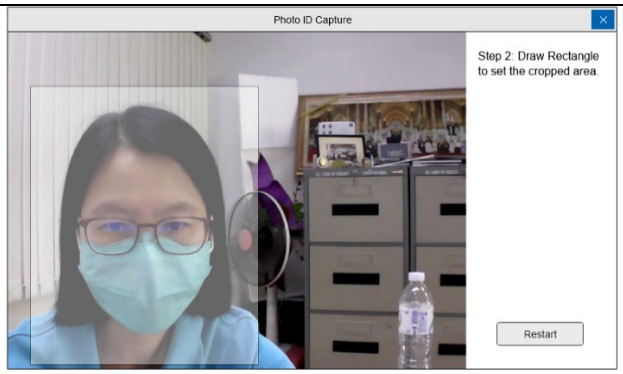
ทางทีมผู้พัฒนาได้สร้างต้นแบบของแอปพลิเคชันผ่านเว็บไซต์ https://app.moqups.com/ ซึ่งมีเครื่องมือรองรับการสร้างต้นแบบ และสามารถจำลองการทำงานของโปรแกรมได้ เมื่อมีการสั่งงานแบบต่างๆ จากผู้ใช้ เช่น การคลิกปุ่มคำสั่งแบบคลิกเดียว หรือแบบดับเบิลคลิก เป็นต้น



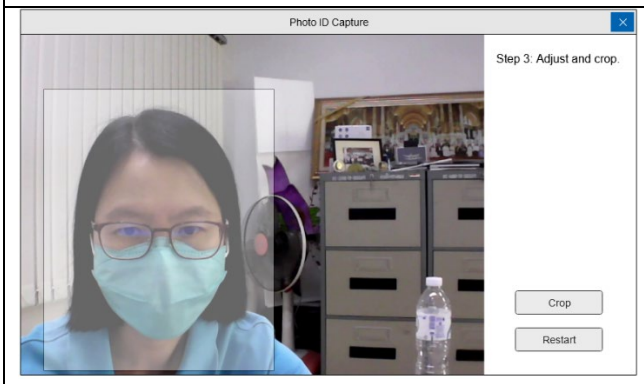
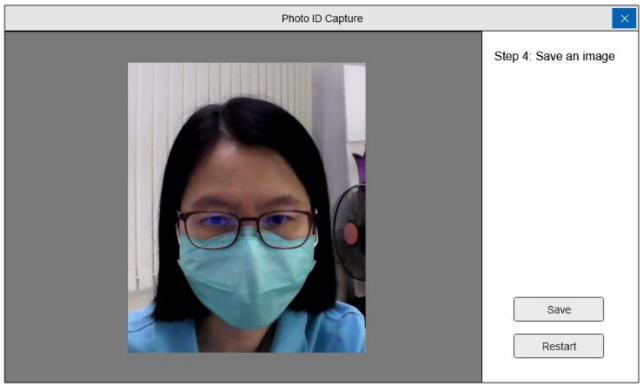
ภาพที่ 4 แสดงตัวอย่างหน้าจอการสร้างต้นแบบของแอปพลิเคชันผ่านเว็บไซต์ https://app.moqups.com/

ต้นแบบของแอปพลิเคชันสำหรับถ่ายภาพประจำตัวนักศึกษาที่ทีมผู้พัฒนาได้ออกแบบร่วมกับผู้ใช้ สรุปการทำงานได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงตัวอย่างหน้าจอและคำอธิบายของการทำงานของแอปพลิเคชันสำหรับถ่ายภาพประจำตัวนักศึกษา

ตัวอย่างหน้าจอ	คำอธิบาย
	เมื่อโปรแกรมเริ่มทำงาน หน้าจอจะแสดงภาพวิดีโอที่ได้รับสัญญาณภาพจากเว็บแคเมรา เพื่อพร้อมสำหรับการทำงานในแต่ละขั้นตอน โดยมีข้อความแสดงขั้นตอนที่กำลังดำเนินการอยู่ ขั้นตอนที่ 1 ผู้ใช้คลิกที่ภาพเพื่อจับภาพนิ่ง และเข้าสู่ขั้นตอนต่อไป หากผู้ใช้คลิกปุ่ม Restart โปรแกรมจะเริ่มต้นการทำงานใหม่
	ขั้นตอนที่ 2 เป็นการกำหนดขอบเขตภาพที่ต้องการ โดยการคลิกปุ่มซ้ายของเมาส์ และลากตามแนวทแยงเพื่อให้ได้ขนาดกรอบสี่เหลี่ยมตามต้องการ จากนั้นคลิกปุ่มซ้ายของเมาส์อีกครั้งเพื่อยืนยันการกำหนดตำแหน่งของขอบเขตภาพ โปรแกรมจะล็อคอัตราส่วนระหว่างความกว้างต่อความยาวของกรอบสี่เหลี่ยม ที่ 1:1.15 ตามขนาดภาพประจำตัวนักศึกษาที่สำนักทะเบียนฯ กำหนด

ตารางที่ 1 แสดงตัวอย่างหน้าจอและคำอธิบายของการทำงานของแอปพลิเคชันสำหรับถ่ายภาพประจำตัวนักศึกษา (ต่อ)

ตัวอย่างหน้าจอ	คำอธิบาย
	ขั้นตอนที่ 3 หากผู้ใช้ต้องการปรับตำแหน่งขอบเขตภาพ สามารถทำได้โดยการคลิกที่บริเวณภาพในกรอบสี่เหลี่ยม แล้วแดรกเมาส์ (drag mouse) เพื่อย้ายขอบเขตภาพไปยังตำแหน่งที่ต้องการ คลิกปุ่ม Crop เพื่อสั่งให้โปรแกรมตัดภาพตามขอบเขตที่กำหนด
	ขั้นตอนที่ 4 โปรแกรมดำเนินการตัดภาพตามขอบเขตที่กำหนด และปรับขนาดภาพให้มีขนาด 250 x 286 พิกเซล จากนั้นแสดงภาพผลลัพธ์ หากผู้ใช้ต้องการจัดเก็บไฟล์ภาพ ให้คลิกปุ่ม Save โปรแกรมจะแสดงไดอะล็อกการจัดเก็บไฟล์ภาพ เพื่อให้ผู้ใช้พิมพ์ชื่อไฟล์ภาพที่ต้องการ โดยจัดเก็บเป็นไฟล์ภาพประเภท JPEG (.jpg) การจบการทำงานหรือการปิดโปรแกรม ทำได้โดยการคลิกปุ่ม

เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนา

-ด้านฮาร์ดแวร์

- เครื่องคอมพิวเตอร์ PC

  Processor Intel(R) Core(TM) i5-2320 CPU @ 3.00GHz 3.00 GHz

  Installed RAM 16.0 GB

  System type 64-bit operating system, x64-based processor

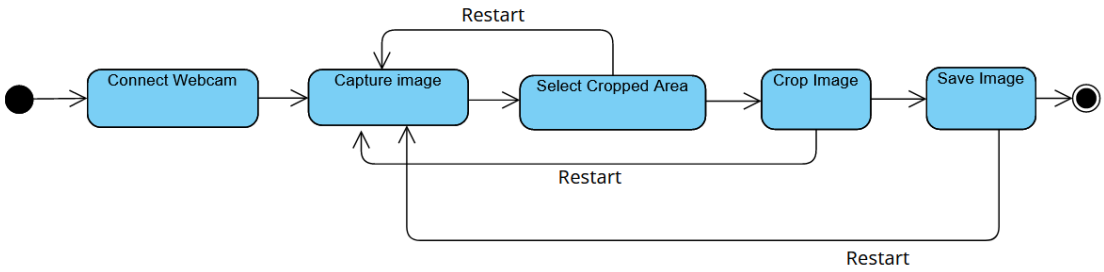
- เว็บแคเมรา OKER B20 480P

-ด้านซอฟต์แวร์

- ภาษาโพรเซสซิง เวอร์ชัน 4.0 beta 7 ซึ่งสามารถดาวน์โหลดจาก https://processing.org
- ไลบรารี Video Library for Processing 4 2.1 ที่ถูกพัฒนาโดย The Processing Foundation ไลบรารีนี้มีการใช้เฟรมเวิร์กมัลติมีเดีย (multimedia framework) ของ GStreamer สามารถนำมาใช้จับภาพวิดีโอจากเว็บแคเมรา กล้อง IEEE 1394 (Firewire) หรือการ์ดวิดีโอที่มีอุปกรณ์อินพุตคอมโพสิตหรือ S-video ที่เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์
- ไลบรารี ControlP5 2.2.6 พัฒนาโดย Andreas Schlegel (Schlegel, A., 2022) เพื่อช่วยในการสร้างปุ่มคำสั่ง (button) ให้กับแอปพลิเคชันที่พัฒนา
- ระบบปฏิบัติการวินโดวส์ 10 โปร (Windows 10 Pro)

3.3 พัฒนาระบบ

ขั้นตอนนี้เป็นการพัฒนาโปรแกรมด้วยภาษาโพรเซสซิง โดยทีมผู้พัฒนาได้พัฒนาแอปพลิเคชันโดยใช้รูปแบบสถานะ (State Pattern) เนื่องจากการทำงานของโปรแกรมมีลักษณะเป็นขั้นตอน ดังนั้นการกำหนดค่าของสถานะให้กับแอตทริบิวต์ (attribute) ว่าตอนนี้โปรแกรมกำลังทำงานในสถานะใด จะทำให้การเขียนโปรแกรม (coding) เพื่อเรียกโมดูลของการทำงานในแต่ละขั้นตอนไม่เกิดความสับสน และลดความซับซ้อนของโปรแกรม รวมถึงจำนวนตัวแปรที่ไม่จำเป็น (Metsker and Wake, 2006)



ภาพที่ 5 แสดง UML State Machine ของแอปพลิเคชันสำหรับถ่ายภาพประจำตัวนักศึกษา

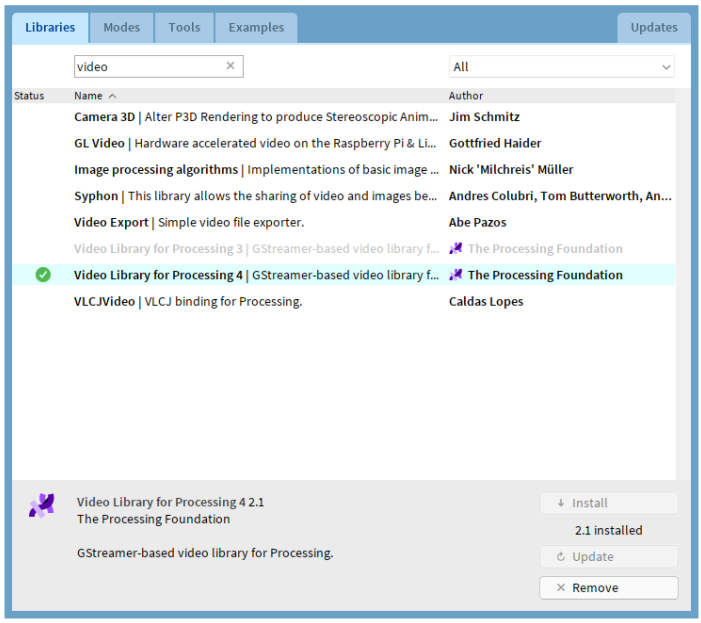
ดังนั้นค่าสถานะของโปรแกรมจะมีทั้งหมด 5 ค่า ซึ่งได้ถูกประกาศให้เป็นค่าคงที่ดังนี้

```
final int INIT = 0;
final int CAPTURE = 1;
final int MARK = 2;
final int CROP = 3;
final int SAVE = 4;
```

การพัฒนาแอปพลิเคชันในแต่ละขั้นตอนมีดังนี้

การติดต่อกับเว็บแคเมรา

เป็นการเรียกใช้ไลบรารี Video Library for Processing 4 2.1 ซึ่งจะต้องมีการติดตั้งไลบรารีนี้เพิ่มเข้ามาในโปรแกรมภาษาโพรเซสซิง โดยการคลิกเมนู Sketch -> Import Library... -> Add Library จากนั้นค้นหาไลบรารีที่ต้องการ โปรแกรมจะแสดงรายชื่อไลบรารีเพื่อให้ผู้ใช้เลือกไลบรารีที่ต้องการ จากนั้นคลิกปุ่ม Install



ภาพที่ 6 แสดงหน้าจอสำหรับเข้าสู่การติดตั้งไลบารีของภาษาโพรเซสซิง

เมื่อติดตั้งไลบรารีเรียบร้อยแล้ว ผู้พัฒนาสามารถอิมพอร์ต (import) ไลบรารีนี้ โดยใช้คำสั่ง import processing.video.*; จากนั้นสร้างออบเจ็กต์ (object) จากคลาส Capture ซึ่งเป็นคลาสที่ใช้สำหรับการจับภาพจากสัญญาณวิดีโอ ให้เป็นภาพนิ่ง ตัวอย่างโปรแกรมสำหรับการจับภาพ แสดงในภาพที่ 7

```
import processing.video.*;

Capture cam;

void setup() {
       cam = new Capture(this, "pipeline:autovideosrc");
       cam.start();
}

void draw() {
       if (cam.available() == true) {
              cam.read();
       }
       image(cam, 0, 0);
}
```

ภาพที่ 7 แสดงตัวอย่างโปรแกรมสำหรับติดต่อกับเว็บแคเมรา

โครงสร้างของภาษาโพรเซสซิงจะมีเมธอด (method) หลัก จำนวน 2 เมธอด ได้แก่ void setup() ซึ่งจะถูกเรียกใช้เพียงครั้งเดียวเมื่อโปรแกรมเริ่มการทำงาน และ void draw() ที่มีการทำงานตามคำสั่งต่างๆ ที่อยู่ในเมธอดนี้ แบบวนซ้ำ (loop) จนกว่าโปรแกรมจะถูกปิดเพื่อจบการทำงาน ดังนั้นการทำงานหลักของโปรแกรมจะถูกเขียนในเมธอด void draw() นี้ อย่างไรก็ตาม การพัฒนาแอปพลิเคชันโดยใช้ภาษาโพรเซสซิง สามารถเขียนได้ทั้งในแนวทางของโปรแกรมแบบโครงสร้าง (structured programming) และโปรแกรมเชิงวัตถุ (object-oriented programming) ดังนั้นผู้พัฒนาสามารถออกแบบการทำงานแบบโมดูล (module) หรือคลาส (class) ได้ และสามารถพัฒนาโปรแกรมเพื่อตอบสนองต่อเหตุการณ์ต่างๆ ได้ (event-driven) เช่น การคลิกปุ่มเมาส์ หรือการกดปุ่มคีย์บอร์ด เป็นต้น

การจับภาพนิ่ง

เมื่อมีการคลิกเมาส์ที่บริเวณแสดงภาพวิดีโอจากเว็บแคเมรา โปรแกรมจะแสดงภาพนิ่ง โดยการจัดเก็บภาพวิดีโอในขณะที่คลิกเมาส์เป็นไฟล์ภาพนิ่งชื่อ test.jpg และเรียกไฟล์ภาพนี้มาแสดงแทนภาพจากเว็บแคเมรา

```
void capture() {
  saveFrame("test.jpg"); // save an image and name as test.jpg
  img = loadImage("test.jpg");  // img is a PImage object
  state = MARK;                 // set to the next state
  x1 = y1 = -1;                 // reset value of x1 and y1, a
                                //coordinate for drawing a rectangle
  hideButtons();
  selectBtn.show();
}
```

ภาพที่ 8 แสดงตัวอย่างเมธอด capture สำหรับการจับภาพนิ่ง

การกำหนดขอบเขตภาพที่ต้องการ

เป็นการดักจับเหตุการณ์การคลิกเมาส์ โดยการคลิกเมาส์ครั้งแรกจะมีการบันทึกตำแหน่งพิกัด (x, y) ที่ถูกคลิกในภาพ และจะใช้เป็นจุดหลักในการวาดกรอบสี่เหลี่ยมเพื่อแสดงขอบเขตภาพ หลังจากนั้นจะใช้การเลื่อนเมาส์ ซึ่งโปรแกรมจะแสดงกรอบสี่เหลี่ยมตามตำแหน่งที่เมาส์เลื่อน ทั้งนี้จะมีการกำหนดอัตราส่วนของขนาดกรอบสี่เหลี่ยม ความกว้าง : ความยาว เท่ากับ 1 : 1.15 เพื่อให้ได้ขนาดของไฟล์ภาพประจำตัวนักศึกษาที่สำนักทะเบียนฯ กำหนด เมื่อได้ขนาดกรอบสี่เหลี่ยมตามที่ต้องการ ให้คลิกเมาส์ครั้งที่สอง เพื่อเป็นการกำหนดขอบเขตภาพที่ต้องการ

อนึ่ง เพื่อให้แอปพลิเคชันมีความยืดหยุ่นในการทำงานมากขึ้น ทีมผู้พัฒนาจึงได้เสนอผู้ใช้ในการเพิ่มขอบเขตการพัฒนา ให้ผู้ใช้สามารถปลดการล็อคอัตราส่วน และสามารถกำหนดขอบเขตภาพแบบอิสระได้ ซึ่งทางผู้ใช้งานเห็นด้วย การพัฒนาแอปพลิเคชันจึงได้เพิ่มความสามารถนี้ขึ้นมาจากการออกแบบเดิมไว้

```
void drawRectangle() {
   fill (255,255,255,50);  // fill(red, green, blue, alpha)
   stroke(10);             // set line width for a square border.
   if (!getPoint2) {       // case of the first click is clicked.
     if (lockRatioToggle.getBooleanValue() == true)
       rect(x1, y1, mouseX-x1, (mouseX-x1)*1.15); // case of locked
ratio.
     else // case of unlocked ratio.
       rect(x1, y1, mouseX-x1, mouseY-y1);
   }
   else // case of the second click is clicked.
     rect(x1, y1, rectWidth, rectHeight);
}
```

ภาพที่ 9 แสดงตัวอย่างโปรแกรมสำหรับการวาดกรอบสี่เหลี่ยมเพื่อกำหนดขอบเขตของภาพ

การตัดภาพตามขอบเขตที่กำหนดไว้

ภาษาโพรเซสซิงได้รองรับคำสั่งสำหรับการตัดภาพไว้ที่คลาส PImage ชื่อเมธอด get(x, y, w, h) เมื่อค่า x และ y คือพิกัดที่จะใช้แสดงภาพ ส่วนค่า w และ h คือ ค่าความกว้างและความยาวของภาพที่จะถูกแสดง

```
void crop() {
    cropImg = img.get(x, y, (int)rectWidth, (int)rectHeight);
    cropImg.save("test.jpg");
    state = SAVE;
    hideButtons();
    saveBtn.show();
}
```

ภาพที่ 10 แสดงตัวอย่างโปรแกรมสำหรับการตัดภาพตามขอบเขตที่กำหนดไว้

การบันทึกไฟล์ภาพลงในเครื่องคอมพิวเตอร์

เพื่อให้เกิดความสะดวกต่อผู้ใช้ในการจัดเก็บไฟล์ภาพลงในเครื่องคอมพิวเตอร์ ทางผู้พัฒนาจึงได้ใช้คำสั่ง selectOutput() เพื่อแสดงไดอะล็อกสำหรับการจัดเก็บไฟล์ (file chooser dialog) โดยผู้ใช้สามารถเลือกโฟล์เดอร์และชื่อไฟล์ตามที่ต้องการได้

```
void save() {
  selectOutput("Select a file to write to:", "fileSelected");
}

void fileSelected(File selection) {
  if (selection != null) {
    cropImg.save(selection.getAbsolutePath());
  }
}
```

ภาพที่ 11 แสดงตัวอย่างโปรแกรมสำหรับการจัดเก็บไฟล์ภาพผลลัพธ์

สำหรับเมธอด draw() ได้มีการกำหนดการทำงานแยกตามสถานะ โดยใช้โครงสร้าง switch .. case ดังแสดงในภาพที่ 12

```
void draw() {
  switch(state) {
  case CAPTURE:
    if (cam.available() == true)
      cam.read();
    else
      text("No camera available", 650, 280);
    image(cam,0,0);
    break;

  case MARK:
  case CROP:
     image(img, 0, 0);
     drawRectangle();
     break;

  case SAVE:
     fill(128);
     rect(0,0,640,480);
     img = loadImage("test.jpg");
     image(img, (640-rectWidth)/2, (480-rectHeight)/2);
     break;
  }
  showDirection();
}
```

ภาพที่ 12 แสดงตัวอย่างโปรแกรมของเมธอด draw()

ทั้งนี้ในการพัฒนา ได้มีการเรียกใช้เมธอดสำหรับการดักจับเหตุการณ์การคลิกเมาส์และการแดรกเมาส์ นอกจากนี้ได้มีการเรียกใช้ไลบรารี controlP5 สำหรับสร้างปุ่มคำสั่งต่างๆ ในแอปพลิเคชันที่พัฒนาอีกด้วย

ในส่วนของการทดสอบการทำงานของแอปพลิเคชัน ทีมผู้พัฒนาได้ใช้วิธีทดสอบแบบไม่มีการเขียนโปรแกรมสำหรับการทดสอบ (Manual Testing) โดยได้ทำการสร้างกรณีทดสอบ (Test Case) ให้ครอบคลุมตามการขั้นตอนการทำงานของแอปพลิเคชัน ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงกรณีทดสอบสำหรับทดสอบการทำงานของแอปพลิเคชัน

Test Case	Test Step	Expected Result
แอปพลิเคชันสามารถติดต่อกับเว็บแคเมราได้	เสียบสาย USB ของเว็บแคเมรากับเครื่องคอมพิวเตอร์ที่แอปพลิเคชันทำงาน	- แอปพลิเคชันแสดงภาพวิดีโอที่ได้จากเว็บแคเมรา - ข้อความ Step 1 ถูกแสดง - ปุ่ม RESTART ถูกแสดง

ตารางที่ 2 แสดงกรณีทดสอบสำหรับทดสอบการทำงานของแอปพลิเคชัน (ต่อ)

Test Case	Test Step	Expected Result
แอปพลิเคชันไม่สามารถติดต่อกับเว็บแคเมราได้	ปลดสาย USB ของเว็บแคเมราออกจากเครื่องคอมพิวเตอร์ที่แอปพลิเคชันทำงาน	- แอปพลิเคชันแสดงภาพหน้าจอ No Signal - ข้อความ Step 1 ถูกแสดง เพื่อให้ผู้ใช้ทราบวิธีในการจับภาพนิ่ง - ปุ่ม RESTART ถูกแสดง
การจับภาพนิ่ง	คลิกเมาส์ 1 ครั้ง ที่ตำแหน่งใดๆ ในบริเวณแสดงภาพวิดีโอ	- แอปพลิเคชันแสดงภาพนิ่งที่จับภาพได้ ณ เวลาที่มีการคลิกเมาส์ - ข้อความ Step 2 ถูกแสดงเพื่อเข้าสู่ขั้นตอนการกำหนดขอบเขตภาพที่ต้องการ - ปุ่ม RESTART ถูกแสดง
การกำหนดขอบเขตภาพที่ต้องการ		
กรณีที่ 1 ล็อคอัตราส่วนความกว้าง : ความยาว	- คลิกเมาส์ครั้งที่ 1 กำหนดตำแหน่งมุมบนซ้ายของกรอบสี่เหลี่ยม เพื่อใช้เป็นตำแหน่งเริ่มต้นของการวาดกรอบสี่เหลี่ยมเพื่อแสดงขอบเขตภาพที่ต้องการ - ลากเมาส์ในแนวทแยง - คลิกเมาส์ครั้งที่ 2 กำหนดตำแหน่งมุมล่างขวาของกรอบขอบเขตภาพ	- หลังจากคลิกเมาส์ครั้งที่ 1 กรอบสี่เหลี่ยมถูกแสดงจากตำแหน่งมุมบนซ้าย และมีขนาดเปลี่ยนแปลงตามการลากเมาส์ โดยมีอัตราส่วนความกว้าง : ความยาวของกรอบเท่ากับ 1 : 1.15 - หลังจากคลิกเมาส์ครั้งที่ 2 กรอบสี่เหลี่ยมถูกแสดงในขนาดที่ผู้ใช้ได้คลิกไว้ - ข้อความ Step 3 ถูกแสดงเพื่อเข้าสู่ขั้นตอน การปรับตำแหน่งขอบเขตภาพและการตัดภาพ - ปุ่ม CROP ถูกแสดง - ปุ่ม RESTART ถูกแสดง

ตารางที่ 2 แสดงกรณีทดสอบสำหรับทดสอบการทำงานของแอปพลิเคชัน (ต่อ)

Test Case	Test Step	Expected Result
กรณีที่ 2 ไม่ล็อคอัตราส่วนความกว้าง : ความยาว	- คลิกปุ่ม toggle เพื่อปลดการล็อคอัตราส่วน - คลิกเมาส์ครั้งที่ 1 กำหนดตำแหน่งมุมบนซ้ายของกรอบสี่เหลี่ยม เพื่อใช้เป็นตำแหน่งเริ่มต้นของการวาดกรอบสี่เหลี่ยมเพื่อแสดงขอบเขตภาพที่ต้องการ - ลากเมาส์ในแนวทแยง - คลิกเมาส์ครั้งที่ 2 กำหนดตำแหน่งมุมล่างขวาของกรอบขอบเขตภาพ	- หลังจากคลิกเมาส์ครั้งที่ 1 กรอบสี่เหลี่ยมถูกแสดงจากตำแหน่งมุมบนซ้าย และมีขนาดเปลี่ยนแปลงตามการลากเมาส์ - หลังจากคลิกเมาส์ครั้งที่ 2 กรอบสี่เหลี่ยมถูกแสดงในขนาดที่ผู้ใช้ได้คลิกไว้ - ข้อความ Step 3 ถูกแสดงเพื่อเข้าสู่ขั้นตอน การปรับตำแหน่งขอบเขตภาพและการตัดภาพ - ปุ่ม CROP ถูกแสดง - ปุ่ม RESTART ถูกแสดง
การปรับตำแหน่งขอบเขตภาพที่ถูกต้อง	คลิกเมาส์ที่ตำแหน่งภายในขอบเขตภาพ แล้วแดรกเมาส์เพื่อเลื่อนขอบเขตภาพไปยังตำแหน่งที่ต้องการ	ขอบเขตภาพถูกเลื่อนตามตำแหน่งของการแดรกเมาส์
การปรับตำแหน่งขอบเขตภาพที่ไม่ถูกต้อง	คลิกเมาส์ที่ตำแหน่งนอกขอบเขตภาพ แล้วแดรกเมาส์	ขอบเขตภาพยังอยู่ที่เดิม ไม่ถูกเลื่อนตำแหน่งใดๆ
การตัดภาพ	คลิกปุ่ม CROP	- แอปพลิเคชันแสดงเฉพาะภาพที่อยู่ในขอบเขต - ข้อความ Step 4 ถูกแสดงเพื่อเข้าสู่ขั้นตอน การจัดเก็บไฟล์ภาพ - ปุ่ม SAVE ถูกแสดง - ปุ่ม RESTART ถูกแสดง
การจัดเก็บไฟล์ภาพ	คลิกปุ่ม SAVE	- ไดอะล็อกสำหรับการจัดเก็บไฟล์ถูกแสดง
การกลับไปสู่การทำงานในขั้นที่ 1	คลิกปุ่ม RESTART	- แอปพลิเคชันแสดงภาพวิดีโอที่ได้จากเว็บแคเมรา - ข้อความ Step 1 ถูกแสดง - ปุ่ม RESTART ถูกแสดง

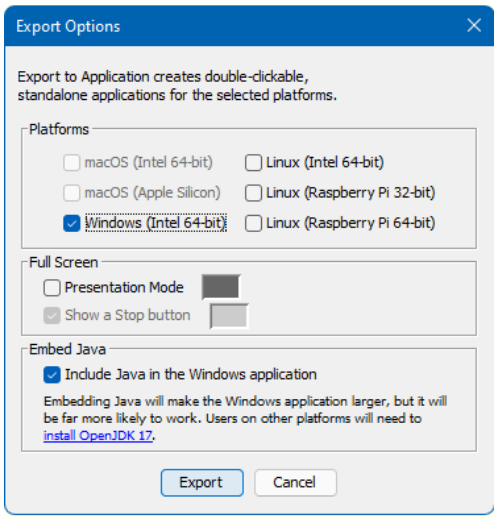
ตารางที่ 2 แสดงกรณีทดสอบสำหรับทดสอบการทำงานของแอปพลิเคชัน (ต่อ)

Test Case	Test Step	Expected Result
การจบการทำงาน	คลิกปุ่ม ✕	แอปพลิเคชันจบการทำงานและวินโดว์ของแอปพลิเคชันถูกปิด

3.4 นำไปใช้งาน

เมื่อผลการทดสอบแอปพลิเคชันผ่านในทุกกรณีทดสอบ ทีมผู้พัฒนาจึงได้นำแอปพลิเคชันที่พัฒนามาจัดทำในรูปแบบไฟล์ที่พร้อมสำหรับการติดตั้งและใช้งาน (executable file) โดยสามารถดำเนินการผ่านโปรแกรมภาษาโพรเซสซิง ดังนี้

- คลิกที่เมนู File -> Export Application...
- ไดอะล็อกชื่อ Export Options จะถูกแสดง เพื่อให้ผู้พัฒนาเลือกแพล็ตฟอร์ม (platform) ของแอปพลิเคชันที่จะเอ็กซ์พอร์ต



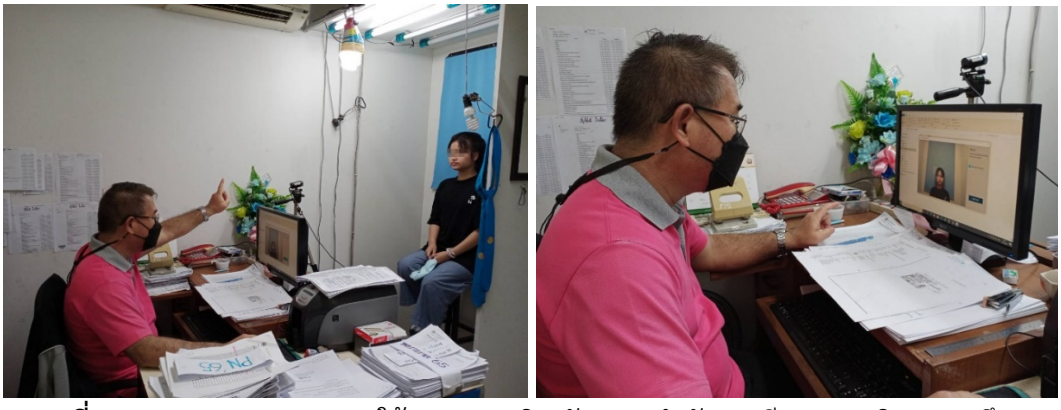
ภาพที่ 13 แสดงไดอะล็อก Export Options

โปรแกรมภาษาโพรเซสซิงจะสร้างโฟล์เดอร์ซึ่งภายในประกอบด้วยไฟล์นามสกุล .exe สำหรับเรียกใช้แอปพลิเคชัน และโฟล์เดอร์ lib ซึ่งเก็บไฟล์ไลบรารีที่เกี่ยวข้อง และโฟล์เดอร์ source ที่เก็บซอร์สโค้ด (source code) ที่พัฒนา

ในการติดตั้งแอปพลิเคชัน สามารถทำได้โดยการคัดลอก (copy) โฟล์เดอร์ที่ถูกสร้างนี้ ไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ต้องการ ทั้งนี้เครื่องคอมพิวเตอร์เครื่องนั้นควรมีการติดตั้ง OpenJDK 17 หรือ Java SE Developer Kit 17 ไว้ด้วย

4. ผลการศึกษา

ทีมผู้พัฒนาได้นำแอปพลิเคชันสำหรับถ่ายภาพประจำตัวนักศึกษา มหาวิทยาลัยพายัพ มาติดตั้งและใช้งาน ณ สำนักทะเบียนและบริการการศึกษา



ภาพที่ 14 แสดงบรรยากาศการใช้งานแอปพลิเคชันฯ ณ สำนักทะเบียนและบริการการศึกษา

จากการนำแอปพลิเคชันมาติดตั้งและใช้งาน พบว่า แอปพลิเคชันสามารถทำงานภายใต้ระบบปฏิบัติการวินโดวส์ 10 และสามารถติดต่อกับเว็บแคเมราเดิมที่ใช้งานอยู่ได้ โดยผู้ใช้สามารถทำงานร่วมกับแอปพลิเคชันตามลำดับขั้นตอนที่ออกแบบไว้ ดังนี้

1) การจับภาพวิดีโอให้เป็นภาพนิ่ง โดยการคลิกเมาส์บริเวณพื้นที่แสดงภาพ

2) การกำหนดขอบเขตภาพที่ต้องการ ในส่วนนี้ผู้ใช้สามารถเลือกได้ว่าจะล็อคอัตราส่วนความกว้างต่อความยาวของภาพ หรือจะปลดล็อค โดยค่าดีฟอลต์ (default) คือ ล็อคอัตราส่วน เนื่องจากเป็นอัตราส่วนมาตรฐานของภาพประจำตัวนักศึกษาที่ทางสำนักทะเบียนและบริการการศึกษากำหนดไว้ ในการกำหนดขอบเขตภาพ ผู้ใช้คลิกเมาส์เพื่อระบุตำแหน่งมุมบนซ้ายของกรอบ จากนั้นลากเมาส์ ซึ่งขณะที่ลากเมาส์ แอปพลิเคชันจะแสดงกรอบสี่เหลี่ยมเพื่อบ่งบอกถึงขอบเขตภาพ เมื่อได้ขอบเขตที่ต้องการ ผู้ใช้จะต้องคลิกเมาส์อีกครั้งเพื่อระบุตำแหน่งมุมขวาล่างของกรอบ หลังจากนั้นผู้ใช้สามารถแดรกเมาส์เพื่อปรับตำแหน่งของขอบเขตภาพให้อยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสมได้

3) การตัดภาพตามขอบเขตที่กำหนดไว้ โดยการคลิกปุ่ม CROP

4) การบันทึกไฟล์ภาพลงในเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยการคลิกปุ่ม SAVE ซึ่งจะมีไดอะล็อกสำหรับการจัดเก็บไฟล์แสดง เพื่อให้ผู้ใช้พิมพ์ชื่อไฟล์ที่ต้องการ

ในทุกขั้นตอนของการทำงาน ผู้ใช้สามารถคลิกปุ่ม RESTART เพื่อเริ่มการทำงานใหม่ในขั้นที่ 1 ได้

ภาพผลลัพธ์ เป็นไฟล์ภาพประเภท JPEG มีความละเอียด 72 dpi มีขนาด 250 x 286 พิกเซล ตามขนาดที่ทางสำนักทะเบียนและบริการการศึกษาได้กำหนดไว้ เพื่อใช้เป็นภาพประจำตัวนักศึกษาสำหรับระบบงานทะเบียนประวัติต่อไป

ภาพที่ 15 แสดงตัวอย่างหน้าจอของผลลัพธ์ของแอปพลิเคชัน

ในด้านการประเมินประสิทธิภาพของแอปพลิเคชัน ทีมผู้วิจัยใช้เกณฑ์การประเมินแบบให้น้ำหนักตามระดับประสิทธิภาพที่ผู้ประเมินแต่ละท่านพิจารณา โดยแบ่งเกณฑ์การประเมินไว้ 5 ระดับ ดังนี้

5 หมายถึง มีประสิทธิภาพมากที่สุด

4 หมายถึง มีประสิทธิภาพมาก

3 หมายถึง มีประสิทธิภาพปานกลาง

2 หมายถึง มีประสิทธิภาพน้อย

1 หมายถึง มีประสิทธิภาพน้อยที่สุด

พร้อมทั้งทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยหาค่าเฉลี่ย (Mean) และแปลผลตามช่วงคะแนน โดยพิจารณาตามเกณฑ์ของเบสท์ (Best, 1977) ดังนี้

4.20 – 5.00 หมายถึง ประสิทธิภาพในรายการประเมินอยู่ในระดับดีมาก

3.40 – 4.19 หมายถึง ประสิทธิภาพในรายการประเมินอยู่ในระดับดี

2.60 – 3.39 หมายถึง ประสิทธิภาพในรายการประเมินอยู่ในระดับปานกลาง

1.80 – 2.59 หมายถึง ประสิทธิภาพในรายการประเมินอยู่ในระดับน้อย

1.00 – 1.79 หมายถึง ประสิทธิภาพในรายการประเมินอยู่ในระดับน้อยที่สุด

หัวข้อการประเมินถูกแบ่งออกเป็น 3 ด้าน ได้แก่ ด้านตรงกับความต้องการ ด้านความถูกต้องในการทำงานของโปรแกรม และด้านความสามารถในการติดต่อกับผู้ใช้งาน โดยมีผู้ประเมิน ได้แก่ เจ้าหน้าที่ประจำสำนักทะเบียนและบริการการศึกษา ซึ่งเป็นผู้ใช้แอปพลิเคชันนี้ จำนวน 3 ท่าน ผลการประเมินพบว่า ทั้ง 3 ด้านมีคะแนนเฉลี่ยอยู่ในระดับดีมาก โดยด้านความถูกต้องในการทำงานได้รับคะแนนเฉลี่ยสูงที่สุด รองลงมาคือ ด้านตรงกับความต้องการ และด้านความสามารถในการติดต่อกับผู้ใช้งาน ตามลำดับ ดังแสดงสรุปผลการประเมินในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 สรุปผลการประเมินประสิทธิภาพของแอปพลิเคชันโดยผู้ใช้

หัวข้อประเมิน	$\bar{X}$	**S.D.**	**ระดับประสิทธิภาพ**
1. ด้านตรงกับความต้องการ			
1.1 ความถูกต้องและความสมบูรณ์	5.00	0.00	มากที่สุด
1.2 รูปแบบการทำงานของแอปพลิเคชัน	4.33	0.58	มากที่สุด
1.3 รูปแบบภาพผลลัพธ์	5.00	0.00	มากที่สุด
1.4 ความเร็วในการประมวลผล	4.33	0.58	มากที่สุด
รวม	4.67	0.29	มากที่สุด
2. ด้านความถูกต้องในการทำงานของโปรแกรม			
2.1 ความถูกต้องในการแสดงข้อมูล	5.00	0.00	มากที่สุด
2.2 ตวามถูกต้องในการประมวลผลข้อมูล	5.00	0.00	มากที่สุด
รวม	5.00	0.00	มากที่สุด
3. ด้านความสามารถในการติดต่อกับผู้ใช้งาน			
3.1 ความง่ายในการใช้แอปพลิเคชัน	4.33	1.15	มากที่สุด
3.2 ความเหมาะสมของการจัดวางองค์ประกอบ	4.33	0.58	มากที่สุด
รวม	4.33	0.76	มากที่สุด
สรุปผลการประเมินเฉลี่ยหมด	4.67	0.33	มากที่สุด

5. สรุปผล และอภิปรายผล

การพัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับการถ่ายภาพประจำตัวนักศึกษา ทีมผู้พัฒนาได้ดำเนินการตามกระบวนการพัฒนาแอปพลิเคชันแบบรวดเร็ว และได้ใช้ภาษาโพรเซสซิงในการพัฒนา ซึ่งพบว่าแอปพลิเคชันที่พัฒนานั้นสามารถทำงานภายใต้ระบบปฏิบัติการวินโดวส์ 10 ร่วมกับอุปกรณ์เว็บแคเมรา ยี่ห้อ OKER B20 480P ที่ใช้งานอยู่เดิมได้ โดยมีการทำงาน 4 ขั้นตอน ได้แก่ การจับภาพวิดีโอให้เป็นภาพนิ่ง การกำหนดขอบเขตภาพที่ต้องการ การตัดภาพตามขอบเขตที่กำหนดไว้ และการบันทึกไฟล์ภาพลงในเครื่องคอมพิวเตอร์ ไฟล์ภาพผลลัพธ์มีคุณสมบัติตรงตามที่สำนักทะเบียนและบริการการศึกษากำหนดไว้ ผลการประเมินประสิทธิภาพของแอปพลิเคชันโดยผู้ใช้เฉลี่ยทุกด้านอยู่ในระดับดีมาก ($\overline{X}$ = 4.67 S.D. = 0.33)

จากการพัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับถ่ายภาพประจำตัวนักศึกษา ทีมผู้พัฒนา พบว่าภาษาโพรเซสซิง เป็นภาษาที่สนับสนุนการพัฒนาแอปพลิเคชันที่เกี่ยวข้องกับงานด้านกราฟิกส์ได้เป็นอย่างดี ด้วยไวยากรณ์ภาษาที่ใกล้เคียงกับภาษาจาวา (Java) รวมถึงมีไลบรารีที่ช่วยลดเวลาในการพัฒนา อีกทั้งยังมีเอกสารที่ช่วยสำหรับการเรียนรู้ภาษาโพรเซสซิงทั้งผ่านเว็บไซต์ของภาษาโพรเซสซิงและจากแหล่งอ้างอิงต่างๆ ทำให้เมื่อพบปัญหาในการพัฒนา ทีมผู้พัฒนาสามารถสืบค้นหาวิธีแก้ไขปัญหาได้ ส่งผลให้การพัฒนาแอปพลิเคชันนี้สามารถเสร็จทันกำหนด และด้วยความเป็นภาษาประเภทโอเพนซอร์ส ทำให้แอปพลิเคชันที่พัฒนาสามารถทำงานกับระบบปฏิบัติการที่หลากหลาย ดังนั้นหากในอนาคตมีการเปลี่ยนแปลงระบบปฏิบัติการของเครื่องคอมพิวเตอร์ แอปพลิเคชันจะยังคงสามารถนำมาพัฒนาเพื่อรองรับกับการเปลี่ยนแปลงนี้ได้ ในส่วนของเว็บแคเมรา ทางทีมผู้พัฒนาได้ทดสอบการทำงานของแอปพลิเคชันกับเว็บแคเมารุ่นอื่น พบว่าไม่มีผลกระทบต่อการทำงานของแอปพลิเคชันแต่อย่างใด ทั้งนี้เนื่องจากไลบรารี Video Library for Processing 4 2.1 สามารถทำงานกับอุปกรณ์เว็บแคเมรา และกล้อง IEEE 1394 (Firewire) ได้

6. กิตติกรรมประกาศ หรือคำขอบคุณ

ทีมผู้วิจัยขอขอบพระคุณอาจารย์ ดร. โรเบิร์ต พี. แบทซิงเงอร์ (Dr. Robert P. Batzinger) อาจารย์พิเศษ สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยพายัพ ที่ได้แนะนำภาษาโพรเซสซิงให้กับทีมผู้วิจัยได้ศึกษา และเป็นที่ปรึกษาในการพัฒนาแอปพลิเคชันนี้

7. เอกสารอ้างอิง

สัญญา สมัยมาก, ฌานิน หาญณรงค์, สุระศักดิ์ วิเศษทรัพย์, นิติพงษ์ เสมทับ, พรนิภา เอี่ยมบริสุทธิ์. (2560). **การระบุตำแหน่งหุ่นยนต์โดยใช้การประมวลผลภาพดิจิตอล**. การประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ ครั้งที่ 2 เรื่อง นวัตกรรมอาคาร 2560 : อาคารอัจฉริยะอย่างยั่งยืน. หน้า 248 – 255. ค้นจาก https://repository.rmutr.ac.th/bitstream/handle/123456789/623/1004-038-1binno2017_RMUTR.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Best, J. W. (1977). **Research in Education**. (3 rd ed). New Jersey: Prentice hall Inc.

Chien, C. (2020, February 4). **What is rapid application development (RAD)?** Codebots. Retrieved March 20, 2022, from https://codebots.com/app-development/what-is-rapid-application-development-rad.

Creatio. (n.d.). **Rapid application development (RAD): Full guide**. Retrieved March 20, 2022, from https://www.creatio.com/page/rapid-application-development.

Lonc, J. (2022). **What is Prototyping in Software Development (and Why It's Important)**. Retrieved 13 April 2022, from https://www.sparkbusinessworks.com/blog/prototyping-in-software-development.

Metsker, S. J., & Wake, W. C. (2006). **Design Patterns in Java**. Addison-Wesley.

Processing.org. (2019). **Processing.org**. Retrieved February 28, 2022, from https://processing.org/.

Processing. (n.d.). **Video / libraries**. Retrieved March 10, 2022, from https://processing.org/reference/libraries/video/index.html.

Schlegel, A. (2022). **processing GUI, controlP5**. Retrieved March 15, 2022, from https://www.sojamo.de/libraries/controlP5/.