การศึกษาการตรวจจับลายเส้นจากภาพร่าง

ธนิสร อุดมพวก[1] รณพร พัวรักษา[1] วีรภัทร สมบูรณ์วงส์[1] และ ณัฐชามญช์ ศรีจำเริญรัตนา[1*]

[1]สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
[*]natchamol@webmail.npru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยเรื่องการศึกษาการตรวจจับลายเส้นจากภาพร่าง โดยทั่วไปนักวาดภาพจะมีอุปกรณ์สำหรับวาดภาพอยู่ภายในที่ทำงานของตนเองหรือที่บ้าน บางครั้งเมื่อต้องเดินทางออกไปข้างนอกแล้วเกิดไอเดียสำหรับการวาดภาพจะมีการวาดภาพ sketch หรือ ภาพร่างเอาไว้บนกระดาษเพื่อนำกลับมาใช้เป็นต้นแบบในการวาดภาพบนอุปกรณ์ของตนเอง การวาดภาพร่างบนกระดาษเมื่อทำการนำรูปภาพร่างนั้นเข้าสู่ระบบคอมพิวเตอร์ผู้วาดจะต้องทำการวาดซ้ำเพื่อให้ได้ลายเส้นของภาพร่างนั้นขึ้นมาใหม่ ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการตรวจจับลายเส้นจากภาพร่าง เพื่อจะได้นำรูปวาดบนกระดาษเข้าคอมพิวเตอร์ ซึ่งมีขั้นตอนหลักอยู่ 3 ขั้นตอน คือ ทำการเปลี่ยนภาพที่นำเข้าเป็น grey scale ซึ่งขั้นตอนนี้จะทำให้ภาพที่นำเข้าเปลี่ยนคุณสมบัติเป็นภาพแบบสีเทาเพื่อให้ง่ายต่อการตรวจจับลายเส้นขอบ ทำการ smoothing ภาพด้วยวิธีการ gaussian filter เพื่อเป็นการลดสัญญาณรบกวน หรือ Noise เพื่อให้ภาพมีคุณภาพที่ดีขึ้นและเป็นขั้นตอนที่ช่วยลดลายเส้นที่ไม่ต้องการออกจากภาพ ทำการหาเส้นขอบ ด้วยวิธีการ canny edge detection เป็นวิธีการตรวจจับเส้นขอบของภาพและทำการเปรียบเทียบผลของการทำงานของอัลกอริทึมกับวิธีการ sobel edge detection ด้วยภาพร่างจำนวน 50 รูป พบว่าภาพที่ผ่านกระบวนการของผู้วิจัยนั้นลดสัญญาณรบกวนได้ดี ให้ลายเส้นที่เล็กกว่าและภาพผลลัพธ์มีความถูกต้องของรายละเอียดภายในภาพได้เหมือนกับภาพต้นฉบับ สารมารถช่วยลดเวลาสำหรับขั้นตอนการวาดภาพซ้ำของนักวาดภาพได้เป็นอย่างดี

คำสำคัญ: ตรวจจับลายเส้นจากภาพร่าง, sobel, canny

A study of detecting line drawings from sketch image

Thanisorn Udompuak[1], Ronnaporn Puaraksa[1], Weerapat Somboonwong[1] and
Natchamol Srichumroenrattana[1*]

[1]*Business Computer Faculty of Management Science Nakhon Pathom Rajabhat University*
[*]*natchamol@webmail.npru.ac.th*

Abstract

The objective of a study of detecting line drawings from sketch image is to study the detection of line drawings from sketches and turn the line drawing into a computer graphic which has 3 main steps. First, change the imported image to a gray-scale image. This process change the imported image property to gray-scale image which is easier to detect the border pattern. Second, smooth the image by using the Gaussian filter to reduce noise and unwanted streaks from the image. Finally, detect image border by using Canny edge detection which is a method for detecting image borders and compare the results of this algorithm with the Sobel edge detection method. With 50 sketches, we found that our process is able to reduce the noise well, gives smaller streaks and the resulting image is accurate with the details inside the image matching the original image.

Keywords: Detects streaks from sketches, Sobel, Canny

1. บทนำ

ภาพโครงร่าง เป็นแนวคิดทางคอมพิวเตอร์กราฟิกที่ศิลปินนำมาใช้ในการพัฒนาและสร้างสรรค์ผลงานร่วมกับเทคโนโลยี โดยภาพร่างจะมีความแตกต่างจากภาพทั่วไปที่มีเพียงลายเส้นหลักที่สื่อถึงความต้องการของศิลปินและเป็นภาพที่ขาดคุณสมบัติในหลายๆส่วนเช่น พื้นผิว การส่องสว่าง รายละเอียดของวัตถุหรือแบบที่นำมาใช้เป็นภาพร่าง การนำภาพร่างลายเส้นจากบนกระดาษหรือจากรูปภาพออกมาเพื่อทำงานต่อนั้นทำได้โดยการคัดลอกรูปที่ต้องการด้วยคอมพิวเตอร์หรือโทรศัพท์มือถือ ต่อมามีการพัฒนาให้สามารถตรวจจับลายเส้นภายในรูปภาพ ทำให้สามารถใช้คอมพิวเตอร์ตรวจจับเส้นของรูปภาพออกมาได้ และมีการนำมาใช้ในการตรวจจับภาพร่างเพื่อให้ได้ลายเส้นของภาพร่างแต่จะเกิดปัญหาจากการตรวจจับภาพร่างบ่อยครั้ง เพราะภาพมีสัญญาณรบกวน หรือ noise มากเกินไปทำให้มีเส้นที่ไม่ต้องการเกิดขึ้นมามาก หรือ ระบบตรวจจับลายเส้นมีความละเอียดที่ไม่มากพอสำหรับการตรวจจับเส้นขอบบางเส้นซึ่งเป็นเส้นขอบหลักแต่มีความบาง หรือ มีความเข้มต่ำ ทำให้เส้นขอบหลักขาดหายไปบางส่วนและลายเส้นที่ได้จึงไม่สมบูรณ์

ผู้วิจัยสนใจนำเสนอวิธีการตรวจจับแบบลายเส้นจากภาพร่างเพื่อนำไปใช้งานได้อย่างมีความแม่นยำ และมีประสิทธิภาพ ซึ่งเป็นการใช้การตรวจจับขอบเส้นของภาพในแต่ละส่วนของพื้นที่เพื่อทำการแยกส่วนลายเส้นภายในภาพที่ต้องการ เป็นวิธีการที่สามารถดำเนินการได้ง่ายและมีประสิทธิภาพ โดยทำการแปลงภาพสีให้เป็นระดับสีเทา ทำการ convolution ภาพเพื่อลด Noise จากนั้นตรวจจับลายเส้นขอบจากภาพร่าง และสลับค่าสีที่ได้เพื่อให้ได้เส้นขอบที่มีสีดำเหมา

แก่การนำไปใช้งานต่อ เป็นวิธีการที่ไม่ซับซ้อนแต่สามารถใช้งานได้ง่าย สะดวกรวดเร็วและมีผลลัพธ์ออกมาอย่างมีประสิทธิภาพ แม่นยำใกล้เคียงกับความเป็นจริง

ในการวิจัยครั้งนี้มุ่งเน้นศึกษาวิธีการตรวจจับแบบลายเส้นจากภาพร่างจากวิธีการตรวจจับขอบของเส้นในพื้นที่ของภาพและทำการเปรียบเทียบผลที่ได้จากการใช้วิธีการที่แตกต่างกันในการตรวจจับขอบเส้นของภาพ เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการลดสัญญาณรบกวนหรือ Noise และความถูกต้องในการตรวจจับขอบในพื้นที่ภายในภาพที่ทำการประมวลผลออกมาแล้วให้มีความเหมือนกับภาพต้นฉบับ

2. วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อศึกษาวิธีการตรวจจับแบบลายเส้นจากภาพร่าง

3. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.1 การตรวจจับลายเส้นจากภาพ

จากการศึกษาทฤษฎีการตรวจจับลายเส้นจากภาพนั้นจะต้องเริ่มจากการพิจารณาปัจจัยต่างๆ อาทิเช่น ชนิดของรูปภาพ โหมดของสีเทา การกรองสัญญาณรบกวนภายในภาพ เป็นต้น เพื่อให้ได้การประมวลผลการตรวจจับภาพร่างที่สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ แม่นยำ และใกล้เคียงกับภาพต้นฉบับมากที่สุด

3.1.1 ชนิดของรูปภาพ

ในการจำแจกชนิดของรูปภาพสามารถแบ่งได้จากวิธีการจัดเก็บได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ 1) รูปภาพประเภท Vector based เป็นไฟล์กราฟฟิคที่โครงสร้างของรูปภาพเกิดจากการประมวลผลทางคณิตศาสตร์เพื่อให้เกิดภาพ ทำให้รูปภาพมีความคมชัดเสมอเมื่อทำการย่อหรือขยายรูปภาพ 2) รูปภาพประเภท Raster based หรือภาพที่เรียกกันทั่วไปว่า bitmap เป็นภาพที่เกิดจากการนำเอาจุดสีเล็กๆ หลายๆ จุดสีมารวมกันเพื่อให้เกิดภาพ

ในงานวิจัยนี้เป็นการตรวจจับภาพลายเส้นจากภาพร่างโดยมุ่งเน้นที่การนำภาพจากกระดาษเข้าสู่คอมพิวเตอร์ ดังนั้นลักษณะภาพที่ใช้จึงเป็นประเภท raster based โดยมีลักษณะเป็นภาพถ่ายเป็นส่วนใหญ่

3.1.2 การกรองข้อมูลภาพ

เป็นกระบวนการนำภาพไปผ่านตัวกรองสัญญาณภาพเพื่อให้ได้ภาพผลลัพธ์ออกมา ซึ่งจะมีคุณลักษณะต่างจากภาพเริ่มต้น ตัวกรองที่ใช้จะเป็นตัวกรองสัญญาณภาพ gaussian โดยตัวกรองสัญญาณจะทำการลดสัญญาณรบกวนและรายละเอียดภาพลง ก่อนจะนำไปประมวลผลตรวจจับลายเส้นจากภาพร่าง

ตัวกรองสัญญาณรบกวนเกาส์เซียน (Gaussian Filter) เป็นตัวกรองสำหรับลดสัญญาณรบกวนและลบความคมชัดของรูปภาพ ในการใช้งานกับรูปภาพเราจะใช้ตัวกรองสัญญาณรบกวนเกาส์เซียนแบบ 2 มิติ ซึ่งมีสมการดังนี้

$$G(x,y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}}$$

เมื่อ x = ค่าตัวแปรในแกน x
y = ค่าตัวแปรในแกน y
σ = ค่าส่วนเบี่ยงเบน

ในการใช้งานตัวกรองข้อมูลภาพจะเป็นการนำตัวกรอง gaussian 2 มิติ ไปทำการ convolution กับภาพร่างที่จะทำการ

ประมวลผล ซึ่งในกระบวนการลดสัญญาณรบกวนโดยใช้ตัวกรองสัญญาณแบบ gaussian ที่มีขนาด [5 x 5] ที่มีค่าส่วนเบี่ยงเบนเป็น 1.4

3.1.3 Canny Edge Detection

ภาพร่างที่นำเข้ากระบวนการจะถูกแปลงรูปเป็นระดับสีเทาซึ่งจะมีค่าสีของแต่ละพิกเซลอยู่ระหว่าง 0-255 และจัดเก็บในรูปแบบเมทริกซ์ขนาด m x n เมื่อ m,n คือจำนวนแถวและหลักของรูปภาพ ตามลำดับ

วิธีการแคนนีมีขั้นตอนดำเนินการดังนี้

1. การใช้ตัวกรองเกาส์เซียนเพื่อปรับภาพร่างให้มีสัญญาณรบกวนน้อยลง โดยการสร้างหน้ากากเมทริกซ์ย่อย (mask) จากสมการเกาส์เซียน
2. การหาขนาดและทิศทางการเปลี่ยนแปลงค่าสี โดยใช้สมการดังนี้

$$M(i,j) = \sqrt{g_x^2(i,j) + g_y^2(i,j)} \quad \text{และ} \quad \alpha(i,j) = arctan\left(\frac{g_y(i,j)}{g_x(i,j)}\right)$$

เมื่อ (i,j) คือตำแหน่งของพิกเซล g_x และ g_y คือขนาดของการเปลี่ยนแปลงค่าสีในแนว X และ y ตามลำดับ

3. พิจารณาขอบที่เป็นไปได้ โดยการพิจารณาทีละพิกเซล์เพื่อหาความเป็นไปได้ที่จะเป็นขอบและกำจัดพิกเซลที่ไม่ใช่ขอบ โดยการเปรียบเทียบขนาดของการเปลี่ยนแปลงค่าสีของพิกเซลที่พิจารณากับพิกเซลข้างเคียง ซึ่งจะกำหนดขอบได้เมื่อขนาดของการเปลี่ยนแปลงค่าสีมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับขนาดการเปลี่ยนแปลงค่าสีของพิกเซลข้างเคียง
4. การใช้ double thresholding เพื่อระบุพิกเซลที่เป็นขอบ โดยกำหนดค่า (T_h) และ (T_l) มาพิจารณาเพื่อหาค่าพิกเซลที่มีขนาดของการเปลี่ยนแปลงค่าสีมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ T_h จะระบุว่าเป็นขอบเข้ม และพิกเซลที่มีค่าระหว่าง T_h และ T_l จะถูกระบุว่าเป็นขอบบาง ซึ่งต้องมีพิกเซลที่เป็นขอบเข้มอยู่ข้างเคียงอย่างน้อย 1 พิกเซล ถึงจะกำหนดว่าเป็นพิกเซลขอบ ส่วนพิกเซลที่มีค่าการเปลี่ยนแปลงค่าสีต่ำกว่า T_l จะถือว่าพิกเซลนั้นไม่เป็นขอบ

3.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

CAI-XIA DENG , GUI-BIN WANG และ XIN-RUI YANG (2013) อัลกอริทึมการตรวจจับขอบภาพตามพื้นฐานด้วยวิธีการ Canny ที่ได้รับการปรับปรุง โดยจะทำการฟิลเตอร์สร้างหน้ากาก (Mask) บนภาพดิบเพื่อใช้ตัวกรอง Gauss ควบคุมความพื้นผิวและองศา จากนั้นคำนวณ Amplitude ไล่ระดับสีและทิศทางของภาพ ใช้การควบคุมความต่างของพื้นผิว กับการไล่ระดับสีของจุดที่มีค่าสูงสุด ในการไล่ระดับสีทิศทางจะยังคง pixels ที่เป็นขอบเอาไว้และลบ pixels อื่น ๆ ที่ค่าสีต่ำหรือเป็นสีที่จาง การไล่ระดับสีสีที่ค่าสูงมักจะปรากฏในศูนย์กลางของขอบโดยถ้าระยะห่างในทิศทางการไล่ระดับสีค่าการระดับสีจะลดลง จะทำให้ได้ขอบที่มีความชัดเจนยิ่งขึ้น

Christos Gentsos , Spyridon Nikolaidis และ Nikolaos Vassiliadis (2010) การตรวจจับขอบด้วยวิธี Canny แบบเรียลไทม์โดยใช้งานแบบขนานสำหรับ FPGA เป็นการตรวจจับขอบโดยใช้อุปกรณ์ลอจิกแบบโปรแกรม FPGA คือ สารกึ่งตัวนำชนิดโปรแกรมโครงข่าย เพื่อทำหน้าที่ที่มีความสับซ้อน เช่น Decoder หรือฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์ โดยการตรวจจับขอบนี้จะทำการใช้ฟิลเตอร์เข้ามาปรับพื้นผิวภาพให้มีความเรียบโดย Gaussian จะทำหน้ากาก (Mask) ขนาด 5x5 เลื่อนตามตาราง pixel เพื่อตรวจสอบพื้นที่ในภาพ ตรวจจับสัญญาณรบกวน ยิ่งหน้ากากใหญ่ก็ยิ่งประมวลผลช้า หลังจากนั้นจะทำการไล่ระดับสีโดยใช้ Prowitt และ Sobel ระบุแรงและทิศทางของภาพ จากนั้นก็จะสามารถระบุขอบของภาพและทำการลดความหน้าของขอบไม่ให้มากเกินไป

Jianwei Hu และ Wei Fang (2016) การตรวจจับลายเส้นภาพอย่างแม่นยำ เป็นวิธีการที่มุ่งเน้นในด้านการลดสัญญาณรบกวนภายในภาพออกเป็นหลัก เพื่อเพิ่มคุณภาพของภาพที่ออกมาโดยการตรวจสอบโดเมนความถี่ และพื้นที่ที่มารเปลี่ยนแปลงของสี pixels กะทันหัน โดยจะการลดสัญญาณรบกวนในพื้นที่ที่ความถี่สูงออกก่อนเพื่อทำให้ภาพมีความเรียบ

จากนั้นก็จะทำการเสริมความคมชัดของเส้นขอบโดยคำนวณจากจุดที่มีความสว่างของภาพเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วหรือก็คือ pixels ที่เปลี่ยนสีไปจากบริเวณรอบข้าง เพื่อเพิ่มหรือเชื่อมเส้นให้ต่อกันเป็นรูปที่สมบูรณ์

Norio Nakamura , Kenichi Hosaka และ Masakazu Nagura (1995) การตรวจจับภาพวาดโดยใช้การปรับปรุงรูปภาพ กลยุทธ์ของวิธีนี้คือใช้รูปแบบภาพ Grey scale มาทำการตรวจหาวิเคราะห์จุดจุดนั้นกับพื้นที่บริเวณรอบข้างว่ามีความเข้มสีเทาที่มากหรือความเข้มสีเทาที่อ่อน เพื่อประมวลผลพื้นที่ที่มีความเข้มของสีเทามากมาเพื่อระบุให้พื้นที่นั้นเป็นขอบ และทำการลบเส้นที่ไม่ต่อเนื่องหรือเชื่อมต่อเส้นที่มีความบางให้ต่อเนื่องกันได้ ซึ่งอาจเป็นสัญญาณรบกวนที่ทำให้ภาพไม่มีความคมชัดออกไป

O. R. Vincent และ O. Folorunso (2009) อัลกอริทึมเชิงพรรณนาสำหรับการตรวจจับขอบภาพ Sobel วิธีการนี้ใช้อินพุตระดับสี Grey scale มาไล่ระดับสีและความชันของภาพ จะใช้ Mask หรือหน้ากากขนาด 3 x 3 แบบคู่โดยมีส่วนที่ 1 ในการไล่ระดับสีในทิศทาง x และส่วนที่ 2 ในการตรวจจับความชันในทิศทาง y และจะเลื่อนไปทางขวาของภาพจนกว่าจะสุดภาพและกลับมาเริ่มใหม่โดยอัตโนมัติ โดยที่การใช้อินพุตแบบคู่นี้จะทำให้ลด Noise ภายในภาพและกรองภาพด้วยข้อมูลจากวิธีที่ได้มานี้ ทำให้ผลลัพธ์ออกมามีประสิทธิภาพ

Paul Bao , Lei Zhang และ Xiaolin Wu (2005) การปรับปรุงการตรวจจับขอบ Canny โดยการคูณสเกลรูปแบบการคูณปรับเปลี่ยนตามขนาดเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของเครื่องตรวจจับขอบ Canny แบบดั้งเดิม เป็นการลดสัญญาณรบกวนและตรวจจับหาค่าสูงสุดในพื้นที่เพื่อนำค่านั้น ๆ มาคำนวณคูณกับค่าอื่นและนำผลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ให้เจอค่าที่มีความต่างจากพื้นที่รอบโดยรอบก็จะสามารถระบุขอบของภาพ รวมถึงระบุส่วนที่มีความไม่ชัดเจนเป็นสัญญาณรบกวนและทำการตัดออกไปเพื่อได้ภาพที่มีรูปร่างชัดเจน มีสัญญาณรบกวนที่น้อยลง

S.Vijayarani และ M.Vinupriya (2013) การวิเคราะห์สมรรถนะของอัลกอริทึมการตรวจจับขอบของ Canny และ Sobel ในการ Mining โดยเริ่มจาการใช้ฟังก์ชัน Gaussian แบบสองมิติมาคำนวณภาพให้ง่ายต่อการคำนวณ Gaussian แบบสองมิติ จะทำการคำนวณไปในทาง x และไปในทาง y พร้อมกัน จากนั้นจะทำการไล่ระดับสีหาพื้นที่ที่มีความเปลี่ยนแปลงที่แตกต่างจากพื้นที่รอบ ๆ เพื่อระบุว่าเป็นขอบ โดยใช้เกณฑ์ระดับสูงต่ำตากค่าที่คำนวณได้ในภาพมาเป็นตัวแยก pixels ที่เป็นขอบออกมา

Weibin Rong , Zhanjing Li , Wei Zhang และ Linnig Sun (2014) อัลกอริทึมการตรวจจับขอบด้วย Canny ที่ได้รับการปรับปรุง เป็นวิธีตรวจจับภาพของ Canny ทีมีการปรับปรุงโดยการที่ถ้าใช้วิธีการนี้ จะทำการเลือกผลจากที่ดีที่สุดที่ผ่านวิธี Gaussian เนื่องจากเป็นฟังก์ชันที่ทำให้พื้นผิวในภาพเรียบ สามารถวิเคราะห์ไล่ระดับสีไปตามแต่ละคอลัมน์ได้ง่ายโดยจะทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของ 22 พื้นที่ใกล้เคียง นำข้อมูลนั้นคำนวณหาค่าสูงสุดต่ำสุดและทิศทางโดยรวมเพื่อระบุขอบของรูปภาพที่แน่ชัดยิ่งขึ้น

ณหทัย เทพเกษตรกุล และ จีระยุทธ เวทย์วีระพงศ์ (2019) นำเสนอวิธีค้นหาของของรูปภาพด้วยวิธี Canny edge detection มาค้นหาขอบของรูปภาพนั้นโดยขั้นตอนการปรับค่าสีและทำให้ภาพเรียบขึ้นโดยใช้ตัวกรอง Gaussian (เป็นชื่อของนักคณิตศาสตร์ชาวเยอรมัน โดยเป็นกราฟรูประฆังคว่ำซึ่งใช้สถิติในอนุมาณจาข้อมูลที่กระจัดกระจาย) มาเพื่อให้ภาพลดความซับซ้อนของการคำนวณการเปลี่ยนแปลงขนาดและทิศทางของค่า pixels เปรียบเทียบ pixels กับ pixels ข้างเคียง มาพิจารณาถึงความเป็นไปได้ว่าเป็นขอบภาพ จากการทดสอบด้วยวิธีการนี้พบว่าผลการตรวจจับขอบภาพได้มีคุณภาพสูง

4. วิธีการดำเนินงานวิจัย

เพื่อให้การดำเนินงานเป็นไปตามวัตถุประสงค์ ผู้วิจัยได้กำหนดขั้นตอนการทำงานไว้ดังนี้

ส่วนที่ 1 ศึกษาความเป็นไปได้ของงานวิจัย

การศึกษาระบบงานเดิม โดยศึกษางานวิจัยเรื่อง Intelligent Clean Line Drawing ของ Jianwei Hu, Wei Fang จากมหาวิทยาลัย Huangshan University พบปัญหาในขั้นตอนการ smoothing processing โดยหลังผู้วิจัยใช้ minimum

filter ในการลดค่าสัญญาณรบกวน พบว่าพิกเซลที่มีค่าน้อยเมื่อผ่านการกรองสัญญาณรบกวนจะไม่มีผลการเปลี่ยนแปลงมากนัก จากนั้นได้ใช้ sobel operator ในการปรับลายเส้นของภาพให้ชัดขึ้น

-1	0	1
-2	0	2
-1	0	1

G_x

-1	-2	-1
0	0	0
1	2	1

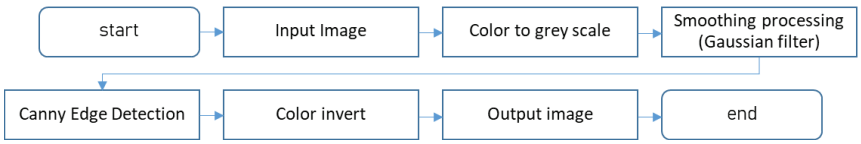
G_y

ภาพที่ 4.1 sobel operator ในแนวแกน x และแกน y

ศึกษาระบบงานใหม่ ผู้วิจัยได้ออกแบบขั้นตอนวิธีการตรวจจับลายเส้นจากภาพร่าง โดยในขั้นตอนการ smoothing ได้ใช้ gaussian filter เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการลดสัญญาณรบกวนบนภาพร่าง และใช้อัลกอริทึม canny edge detection ในการหาเส้นขอบของภาพเนื่องจากเป็นวิธีที่ให้เส้นขอบที่บางกว่าการใช้ sobel edge detection เป็นการปรับสีโดยใช้ gaussian filter ในการกำหนดทิศทางการเปลี่ยนแปลงของค่าสีภายในพิกเซลที่กำลังพิจารณากับพิกเซลใกล้เคียง และกำหนดเกณฑ์สูงต่ำ เพื่อทำการกำหนดเส้นขอบ

$$G(x,y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}}$$

ส่วนที่ 2 การออกแบบและพัฒนาโปรแกรม ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน (ดังภาพที่ 4.2) ทำได้โดย



ภาพที่ 4.2 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม

Input Image เป็นขั้นตอนการนำรูปภาพเข้าสู่โปรแกรม ซึ่งภาพที่นำมาใช้นั้นเป็นภาพของผู้วิจัยเองได้วาดลงบนกระดาษขนาด A4 แล้วทำการถ่ายภาพด้วยกล้องแล้วนำเข้าสู่เครื่องคอมพิวเตอร์

Color to grey scale เป็นขั้นตอนการแปลงภาพจากภาพสีให้เป็นภาพระดับสีเทาทำ เพื่อใช้ในการประมวลผลตรวจจับลายเส้นต่อไป

Smoothing processing (Gaussian filter) เป็นขั้นตอนในการใช้ตัวกรองเกาส์เซียนเพื่อปรับภาพ ทำให้ภาพที่นำเข้านั้นมีสัญญาณรบกวนน้อยลง เพื่อลดเส้นที่เราไม่ต้องการออกจากขั้นตอนการตรวจจับขอบ

Canny Edge Detection ใช้วิธีการ Canny Edge Detection เพื่อตรวจจับและกำหนดเส้นขอบจากภาพร่างที่นำเข้าซึ่งในขั้นตอนการตรวจจับขอบนี้จะทำให้ได้ภาพผลลัพธ์ที่มีลักษณะลายเส้นเป็นสีขาว และภาพพื้นหลังเป็นสีดำ

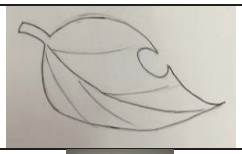
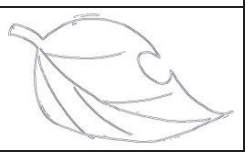
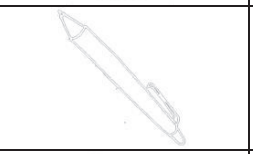
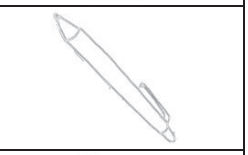
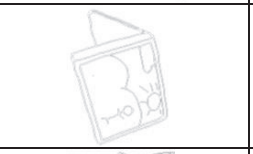
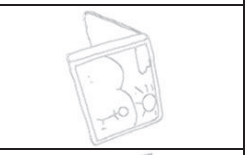
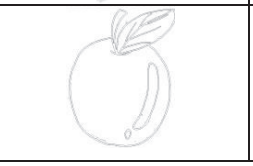
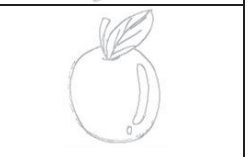
Color invert เป็นการกลับค่าสีของภาพเพื่อสลับค่าสี จะเปลี่ยนภาพผลลัพธ์ให้มีลายเส้นสีดำ และพื้นหลังสีขาว เหมาะกับการนำไปใช้งาน

Output image ทำการบันทึกภาพผลลัพธ์จากการตรวจจับลายเส้นออกมาเป็นไฟล์รูปภาพ เพื่อให้สามารถนำไปใช้งานต่อได้ และผลการทำงานแต่ละขั้นตอนดังแสดงในภาพที่ 4.3

(a) Input image (b) Smoothing and grey scale (c) Canny edge detection (d) Color invert and output

ภาพที่ 4.3 แสดงการทำงานแต่ละขั้นตอน

ส่วนที่ 3 ทำการทดสอบโปรแกรมที่พัฒนากับภาพจำนวน 50 ภาพ และทำการเปรียบเทียบภาพที่ได้จากผลการทำงานระหว่าง sobel edge detection และ canny edge detection แสดงดังผลการเปรียบเทียบบางส่วนในภาพที่ 4

ลำดับภาพ	ภาพต้นฉบับ	ภาพจากวิธีการของ Jianwei Hu,Wei Fang	ภาพจากวิธีของผู้วิจัย
1			
2			
3			
4			
5			

ภาพที่ 4 แสดงผลการเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการทำงานบนภาพต้นฉบับ โดยใช้วิธีแตกต่างกัน : ภาพที่ได้จากการใช้ minimum filter + sobel edge detection, ภาพที่ได้จากการใช้ gaussian filter + canny edge detection ตามลำดับ

5. ผลการศึกษา

ผลการทดสอบการทำงานของวิธีการตรวจจับลายเส้นจากภาพร่าง ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบกับรูปภาพที่ได้จัดเตรียมไว้และเปรียบเทียบประสิทธิภาพการตรวจจับลายเส้นจากวิธีการ minimum filter + sobel edge detection และ วิธีการ gaussian filter + canny edge detection โดยทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพด้านค่าความถูกต้อง ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบผลการวัดประสิทธิภาพด้านค่าความถูกต้องในการตรวจจับลายเส้นจากภาพร่าง

ลำดับภาพ	ความถูกต้อง		ลำดับภาพ	ความถูกต้อง	
	จากวิธีของ jianwei Hu,Wei Fang	จากวิธีของผู้วิจัย		จากวิธีของ jianwei Hu,Wei Fang	จากวิธีของผู้วิจัย
1.	49.438%	84.258%	6.	28.646%	46.825%
2.	27.829%	19.792%	7.	18.301%	21.721%
3.	47.229%	70.049%	8.	15.305%	20.195%
4.	53.036%	54.902%	9.	25.764%	32.200%
5.	81.332%	95.997%	10.	10.099%	6.748%

จากตารางที่ 1 ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการตรวจจับลายเส้นจากภาพร่าง พบว่า วิธีการของผู้วิจัยซึ่งเป็นการดำเนินการใช้ gaussian filter + canny edge detection เป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพมากกว่า วิธีการเดิมที่ใช้การดำเนินการ minimum filter + sobel edge detection

6. สรุปผลการดำเนินงาน

การหาประสิทธิภาพการตรวจจับลายเส้นจากภาพวาดด้วยการเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างการตรวจจับลายเส้นด้วยวิธี minimum filter + sobel edge detection กับวิธี gaussian filter + canny edge detection โดยการสังเกตุจากผลลัพธ์และการเปรียบเทียบผลลัพธ์การวัดประสิทธิภาพด้านค่าความถูกต้องในการตรวจจับลายเส้นจากภาพร่างก็มีความถูกต้องมากกว่าวิธีการเดิม ดังนั้นวิธีการของผู้วิจัยจึงมีความเหมาะสมสำหรับการตรวจจับลายเส้นจากภาพร่างบนกระดาษซึ่งสามารถตรวจจับลายเส้นจากทั้งปากกาหลากหลายสี และดินสอที่มีความเข้มจางของเส้น

เอกสารอ้างอิง (References)

Cai-Xia Deng, Gui-Bin Wang and Xin-Rui Yang, "**Image edge detection algorithm based on improved Canny operator**", 2013 International Conference on Wavelet Analysis and Pattern Recognition, Tianjin, 2013, pp. 168-172

C. Gentsos, C. Sotiropoulou, S. Nikolaidis and N. Vassiliadis, "**Real-time canny edge detection parallel implementation for FPGAs**", 2010 17th IEEE International Conference on Electronics, Circuits and Systems, Athens, 2010, pp. 499-502

F. A. Pintea, D. L. Lacrama, T. M. Karnyanszky and C. I. Toma, "**Automatic pre-processing of images for Tree Drawing Test**", *2013 21st Telecommunications Forum Telfor (TELFOR)*, Belgrade, 2013, pp. 502-505

J. Hu and W. Fang, "**Intelligent Clean Line Drawing**", 2016 International Conference on Robots & Intelligent System (ICRIS), Zhangjiajie, 2016, pp. 217-220

N. Nakamura, K. Hosaka and M. Nagura, (1995). **“Drawing Capturing System using Image Enhancement”**. ICDAR '95: Proceedings of the Third International Conference on Document Analysis and Recognition (Volume 2) - Volume 2 August 1995. pp. 652-655.

O.R Vincent and O. Folorunso. (2009). **A Descriptive Algorithm for Sobel Image Edge Detection**. Proceedings of Informing Science & IT Education Conference (InSITE) 2009. pp. 97-107.

Paul Bao, Lei Zhang and Xiaolin wu. (2005). **“Canny Edge Detection Enhancement by Scale Multiplicatio”**. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 27, NO. 9, September 2005. pp. 1485-1490.

S.Vijayarani and M.Vinupriya. (2013). **“Performance Analysis of Canny and Sobel Edge Detection Algorithms in Image Mining”**. International Journal of Innovative Research in Computer and Communication Engineering. pp. 1760-1767.

W. Rong, Z. Li, W. Zhang and L. Sun, "**An improved Canny edge detection algorithm**," 2014 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation, Tianjin, 2014, pp. 577-582

ณหทัย เทพเกษตรกุล และ จีระยุทธ เวทย์วีระพงศ์. (2019). **การปรับปรุงวิธีแคนนีสำหรับการตรวจจับขอบเขตรูปภาพ**. มหาวิทยาลัยขอนแก่น. หน้า 299-308