การนับจำนวนห่อกระดาษด้วยวิธีฉายภาพแบบปรับปรุงสัญญาณจากอนุกรมฟูเรียร์
Parcel Paper Counting by Improve Projection Profiles from Fourier Series

อรรถพล พลานนท์ และ วีระศักดิ์ ชื่นตา

โปรแกรมวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์อุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
ort.palananda@gmail.com and weerasak.cheunta@gmail.com

บทคัดย่อ

การนับจำนวนเป็นการบ่งบอกสิ่งที่ต้องการนับให้ได้รู้ว่ามีจำนวนตามที่ต้องการแล้วหรือไม่ โดยมีวิธีการนับที่แตกต่างตามประเภทและปริมาณของสิ่งที่ต้องการนับซึ่งต้องเลือกให้เหมาะสมในการขนส่งมีผลิตภัณฑ์ประเภทหนึ่งคือกระดาษที่ต้องทำการขนส่ง โดยมีลักษณะของบรรจุภัณฑ์เป็นห่อซึ่งมีขนาดและปริมาณที่แตกต่างกันไป ซึ่งต้องทำการตรวจนับก่อนการขนส่ง วิธีการฉายภาพเป็นวิธีการหนึ่งในการประมวลผลภาพ (Image Processing) ซึ่งสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการนับจำนวนได้แนวทางหนึ่ง โดยสร้างเส้นโครงร่างของวัตถุจากภาพซึ่งเส้นโครงร่างที่ได้มีความทนทานต่อสัญญาณรบกวนในระดับหนึ่งโดยบทความนี้นำเสนอการปรับปรุงสัญญาณด้วยค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ และ การปรับปรุงสัญญาณด้วยอนุกรมฟูเรียร์ กับสัญญาณเส้นโครงร่างข้อมูลที่ได้จากวิธีการฉายภาพ ซึ่งถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการนับจำนวนของห่อกระดาษผลการทดลองแสดงให้วิธีการนับจำนวนห่อกระดาษด้วยวิธีการปรับปรุงสัญญาณทั้งสองแบบเร็วขึ้นกว่าการนับด้วยพนักงานซึ่งเป็นวิธีมาตรฐานประมาณ 8.5 เท่า และมีความถูกต้องสูงสุดถึง 98.88% ด้วยกระบวนการปรับปรุงสัญญาณด้วยอนุกรมฟูเรียร์ ซึ่งดีกว่าแบบการปรับปรุงสัญญาณด้วยค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่อยู่ 1.36% นั้นเอง

คำสำคัญ: การฉายภาพ จำนวนวัตถุในภาพ การประมวลผลภาพ

Abstract

The count is indicates thing to need that the number to counted have desired or not. By to count the method is different ways to count the type and quantity of what you count. Which to suit in transit the product is the type of shipping paper. By the Characteristics of the packaging was Parcel in a size and vary quantity which must be examined before transportation. The method projection is one approach in image processing which can be applied in a one ways of counting. By creating a line of framework for the object from image which the scheme has robustness to noise level. This research was presented the improving signal with a moving average and improvement of the signal by Fourier series and improvement of the signal by Fourier series. With creating a line of framework for the object data of the image which has been applied in a number of Parcels paper. The results of the experimental showed the methods to how counted wrapping of paper by improve the signal both faster than ever with employees. The standard method is approximately 8.5X and the maximum of accuracy is 98.88%. By the processing signal was improved with Fourier series its, better than improved signal. The moving average was at 1.36%.

Keyword: Projections, The number of objects in the picture, Image Processing

1.บทนำ

1.1 โครงสร้างและขั้นตอนวิธีการ

ในปัจจุบันได้มีการประยุกต์ใช้งานเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ด้านการประมวลผลภาพเข้าสู่ธุรกิจภาคอุตสาหกรรม ในเรื่องการนับจำนวนหรือการนับสิ่งของเพื่อให้ทราบถึงปริมาณของสิ่งนั้นๆ โดยวิธีการนับมีหลายวิธีการและความเหมาะสมที่แตกต่างกัน ตามสิ่งของที่ต้องการ ซึ่งในระบบงานขนส่งสินค้าประเภทหนึ่ง นั้นคือกระดาษต้องอาศัยการนับจำนวน เพื่อให้ทราบถึงปริมาณหรือจำนวนที่ถูกต้องก่อนการขนส่งสินค้า ซึ่งเป็นการสร้างความมั่นใจต่อลูกค้าว่าเมื่อลูกค้าสั่งซื้อสินค้าไปแล้วจะได้รับสินค้าที่ครบถ้วนตรงตามจำนวนและถึงที่หมายของลูกค้าตรงตามสถานที่และตรงต่อเวลาซึ่งกระดาษเป็นสิ่งที่จำเป็นพื้นฐานในการทำงานภายในองค์กรต่างๆ ถึงแม้ปัจจุบันได้มีการนำระบบคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์ต่างๆมาแทนที่กระดาษแล้วก็ตาม แต่กระดาษยังคงจำเป็นในการจัดเก็บข้อมูลบางประเภท เช่นการเอกสารทางการเงิน และเอกสารทางธุรกรรมต่างๆ เป็นต้นล้วนใช้กระดาษควบคู่กับการใช้คอมพิวเตอร์ทั้งสิ้น โดยในระบบงานขนส่งสินค้าประเภทกระดาษ จึงต้องมีการตรวจสอบปริมาณและคุณภาพของกระดาษก่อนเสมอซึ่งกระดาษถูกบรรจุรวมกันเป็นห่อ(Parcel) และจัดเก็บภายในโกดังเก็บสินค้าจะถูกตรวจสอบคุณภาพสภาพและตรวจนับจำนวนห่อกระดาษก่อนทำการขนส่งไปยังผู้ซื้อโดยใช้รถยก(Forklift Car) ยกห่อกระดาษที่วางซ้อนกันเป็นตั้งๆออกมาจากโกดังสินค้าเพื่อรอการตรวจนับจำนวนห่อกระดาษโดยพนักงานที่จุดตรวจนับพนักงานตรวจนับจะทำการตรวจสอบและตรวจนับจำนวนห่อกระดาษจากนั้นรถยกจะยกห่อกระดาษขึ้นรถขนส่งเพื่อขนส่งไปยังจุดหมายปลายทางต่อไปโดยในการนับจำนวนห่อกระดาษถูกนับจำนวนด้วยพนักงาน ซึ่งมีปัจจัยในการทำงานหลายอย่างที่มีผลกระทบต่อการนับจำนวนห่อกระดาษเช่นสภาวะทางอารมณ์ ความอ่อนล้าของสภาพร่างกาย ทำให้เกิดความล่าช้า ผิดพลาดได้ง่ายและไม่มีมาตรฐาน จึงมีการคิดค้นวิธีการอื่นที่มีประสิทธิภาพสูงกว่าเช่น การนับด้วยการชั่งน้ำหนัก ซึ่งมีปัญหาคือเกิดความไม่แน่นอนจากค่าน้ำหนักที่ขึ้นอยู่กับความชื้นของกระดาษ เป็นต้น

ผู้วิจัยจึงได้นำเสนอการประยุกต์ใช้การประมวลผลภาพด้วยวิธีการฉายภาพแบบปรับปรุงสัญญาณ ในการนับจำนวนห่อกระดาษ โดยประมวลผลจากภาพที่ได้จากกล้องไอพี(Internet Protocol or IP Camera) ผลการทดลองสรุปว่ามีความแม่นยำสูงกว่าวิธีการฉายภาพแบบปรับเรียบปรกติเนื่องจากเส้นโครงร่างที่สร้างขึ้นจากวิธีการฉายภาพ มีความทนทานต่อสัญญาณรบกวนในภาพสูงแต่ยังคงมีสิ่งรบกวนที่ทำให้เส้นโครงร่างไม่ชัดเจน ไม่เรียบ และ เส้นโครงร่างไม่สมบูรณ์ ซึ่งจำเป็นต้องปรับปรุงเส้นโครงร่างให้ชัดเจนขึ้น ด้วยวิธีการรูปร่างลักษณะวิธีท็อปแฮท(Morphological Top-hat Algorithm) เพื่อให้สามารถแยกแยะ หรือชดเชยสัญญาณจากเส้นโครงร่างของวัตถุ รวมไปถึงการปรับปรุงสัญญาณด้วยวิธีแบบอนุกรมฟูเรียร์ จนสามารถแยกชั้นของวัตถุได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ดังนั้นบทความนี้จึงนำเสนอการปรับปรุงสัญญาณจากวิธีการฉายภาพด้วยการปรับปรุงสัญญาณจากอนุกรมฟูเรียร์ ที่ใช้ประโยชน์จากลักษณะของเส้นโครงร่าง เพื่อให้ได้ผลของการนับจำนวนห่อกระดาษที่แม่นยำขึ้น

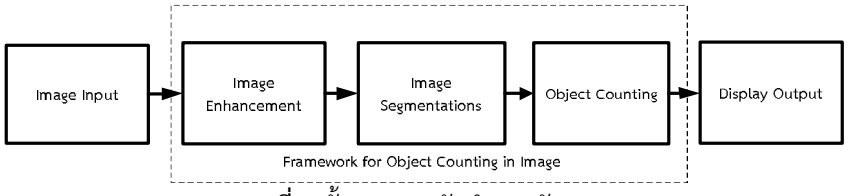
1.2วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อพัฒนากระบวนการในการนับจำนวนห่อกระดาษด้วยวิธีการประมวลผลภาพ

1.2.2 เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบกระบวนการที่ได้กับกระบวนการที่มีอยู่เดิม

2. วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

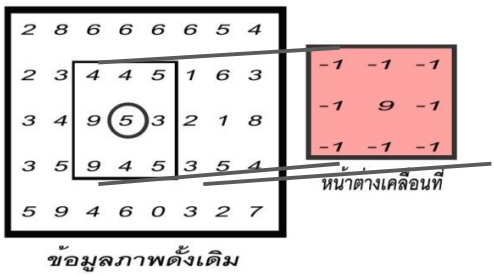
ในการนับจำนวนวัตถุด้วยการประมวลผลภาพมีหลายวิธีการ ที่นิยมใช้งานคือวิธีการจับคู่แม่แบบ[1] โดยมีกระบวนการจับคู่แม่แบบในการเปรียบเทียบที่สามารถนำมาปรับใช้ได้ และในการตรวจจับและการตรวจนับเบื้องต้น โดย P. Chomtip[1] ได้นำเสนอขั้นตอนวิธีการปรับปรุงภาพและการนับแบบไม่ซับซ้อน นำไปสู่งานวิจัยการนับจำนวนห่อกระดาษด้วยการใช้ประโยชน์จากวิธีการฉายภาพ โดย อรรถพล พลานนท์[2,3] ซึ่งอธิบายขั้นตอนกระบวนการนับจำนวนวัตถุดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ขั้นตอนการนับจำนวนวัตถุ

การปรับปรุงภาพ(Image Enhancement) เป็นการทำให้คุณภาพของภาพดีขึ้นด้วยการลดสัญญาณรบกวน หรือทำให้เห็นส่วนของภาพได้ชัดเจนขึ้นสามารถทำได้หลายวิธี เช่น มอร์โฟโลจี(Morphology) เป็นการลดสัญญาณรบกวนที่มีในภาพที่เกิดขึ้นเช่น จากความไม่สม่ำเสมอของแสงที่กระทบกับวัตถุ จากรอยนิ้วมือที่เกิดจากการสัมผัสหน้ากระจกส่องภาพในกล้อง (Lens), ความผิดพลาดในการส่งผ่านข้อมูล ฯลฯ เป็นต้น โดยสามารถปรับปรุงภาพให้ดีขึ้นจากการลบจุดภาพ(Pixel) ในภาพที่ไม่พึงประสงค์ซึ่งประกอบด้วยกระบวนการเซาะ(Erosion) และกระบวนการทำให้กว้างขึ้น(Dilation) รายละเอียดเพิ่มเติมของมอร์โฟโลจีดูได้จาก[4, 6]

วิธีการหาค่าขีดแบ่งแบบปรับตัวได้ (Adaptive Thresholding)[5] เป็นวิธีการหนึ่งที่ทำให้ส่วนสำคัญของภาพคงอยู่ เป็นการทำให้ภาพที่มีเฉดสีไม่สม่ำเสมอให้เป็นภาพที่มีเฉดสีที่เท่ากันตลอดทั้งภาพ ดังนั้นจึงต้องหาค่าขีดแบ่ง (Threshold) วิธีการหาค่าขีดแบ่งแบบปรับตัวได้ทำได้โดยการสร้างหน้าต่างเคลื่อนที่ (window) ขนาด N×N ขึ้นมา ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 การเกลี่ยเฉดสีของภาพโดยใช้ค่าขีดแบ่ง

วิธีการปรับปรุงภาพด้วยการใช้ท็อปแฮท เป็นการรักษาส่วนที่อยู่ตรงกลางของข้อมูลด้วยกระบวนการทำให้ผอมบาง Thin โดย (Lam, L [4]) ได้เสนอขั้นตอนกระบวนการสร้างโครงร่าง (Skeletonization) ซึ่งเป็นการทำโครงเส้นตรงกลางให้เกิดขึ้นภายในภาพโดยพยายามปรับภาพในสิ่งที่ต้องการ อิงกับแกนที่อยู่ตรงกลางและการแปลงส่วนที่ไม่ต้องการอื่นๆจะไม่ถูกพิจารณา โดยการทำเป็นการรักษาของรูปแบบการเชื่อมต่อภาพที่มีอยู่ตั้งแต่ต้นได้ ซึ่งมีวิธีตามสมการที่ 1

$$X_H[\mathrm{p}] = \sum_{i=1}^{4} bi \qquad (1)$$

ซึ่งสมการที่ 3 สามารถหาค่า bi ได้จากสมการที่ 2

$$bi = \begin{cases} 1 & if\ x_{2i} = 0\ and\ (x_{2i} = 1\ or\ x_{2i+1} = 1) \\ 0 & Other\ wise \end{cases} \qquad (2)$$

การแบ่งส่วนภาพ (Image Segmentations) การแบ่งส่วนของภาพทำให้สามารถแยกข้อมูลภาพและส่วนที่ต้องการแบ่งออกมาจากภาพทั้งหมดได้ ซึ่งวิธีการแบ่งส่วนภาพมีหลายวิธีเช่นการแบ่งส่วนภาพด้วยความเข้มของแสง (Intensity segmentation) การแบ่งส่วนภาพด้วยกลุ่มของข้อมูลภาพ (Region segmentation) การหาขอบเพื่อแบ่งกลุ่มข้อมูล (Boundary detection) เป็นต้น

การแบ่งส่วนภาพด้วยความเข้มของแสงเป็นการพิจารณาความเข้มของแสงในจุดภาพ ณ จุดภาพนั้นๆ และเกิดการพิจารณาขึ้นภายในภาพทั้งหมดดังสมการที่ 3

$$g(x,y) = \begin{cases} 1 & if(x,y) > T \\ 0 & Otherwise \end{cases} \qquad (3)$$

เมื่อ $g(x,y)$ เป็นข้อมูลของภาพณ ตำแหน่ง (x,y) และ T คือค่าขีดแบ่ง ซึ่งผลของการแบ่งส่วนภาพขึ้นอยู่กับค่าขีดแบ่งของส่วนประกอบที่เป็นความเข้มแสงของภาพจากส่วนที่ต้องการ

การนับจำนวนในภาพ (Object Counting) วิธีการฉายภาพ (Projection Profile)[6] เป็นการสร้างเส้นโครงร่างวัตถุจากแผนภาพกราฟแสดงค่าสถิติความถี่ ซึ่งมีความทนทานต่อสัญญาณรบกวนได้ดี เพราะเส้นโครงร่างข้อมูลแสดงถึงรูปร่าง

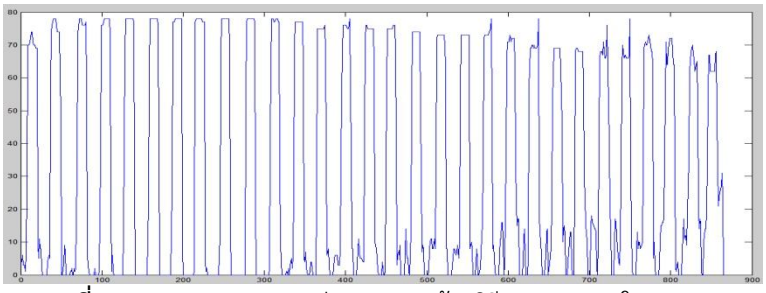
อย่างหยาบๆ ของวัตถุสัญญานรบกวนที่ที่เกิดขึ้นในภาพไม่ทำให้เส้นโครงร่างวัตถุเปลี่ยนแปลงไปมากจากการหาเส้นโครงร่าง (Profile) โดยการหาเส้นโครงร่างของภาพสามารถทำได้ 2 แบบ คือการฉายภาพในแนวตั้ง (Vertical Projection Profile) และการฉายภาพในแนวนอน (Horizontal Projection Profile) เช่นหากนำภาพตั้งห่อกระดาษมาทำการตัดภาพบางส่วน แล้วทำการปรับปรุงภาพด้วยกระบวนการเกลี่ยเฉดสีดังภาพที่ 3

ภาพที่ 3 ตัวอย่างห่อกระดาษที่ผ่านกระบวนการปรับปรุงภาพด้วยกระบวนการเกลี่ยเฉดสี

จากนั้นทำกระบวนการฉายภาพด้วยการฉายภาพในแนวนอนดังสมการที่ 4

$$P_h[i] = \sum_{i=1}^{N} S[i,j] \qquad (4)$$

เมื่อ $\mathbf{P_x[j]}$ คือค่าการฉายภาพในแนวนอน โดย $\mathbf{N}$ แทนจำนวนของแถวที่มีในภาพ และ $\mathbf{S[i,j]}$ เป็นข้อมูลภาพในตำแหน่งแถวที่ $\mathbf{i}$ และหลักที่ $\mathbf{j}$ จะได้เส้นโครงร่างจากข้อมูลรูปภาพ ด้วยการคำนวณจากจุดภาพสีขาวหรือจุดภาพที่ค่าเป็น 1 ตามแนวแกน xผลที่ได้แสดงดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ผลจากการฉายภาพห่อกระดาษ ด้วยวิธีการฉายภาพในแนวนอน

การปรับปรุงสัญญาณ(Improved signal) เป็นการปรับปรุงข้อมูลเพื่อลดสัญญาณรบกวนหรือปรับลักษณะบางอย่างของภาพโดยการเน้นหรือลดความถี่ข้อมูลเชิงพื้นที่ เพื่อช่วยให้การแปลภาพดีซึ่งมีด้วยกันหลายวิธีการ

การปรับเรียบ(Smoothing) เป็นการปรับปรุงสัญญาณด้วยการกรองข้อมูลเพื่อลดสัญญาณรบกวน หรือปรับลักษณะบางอย่างของภาพโดยการเน้น หรือลดความถี่ข้อมูลเชิงพื้นที่ผลจากการใช้กระบวนการช่วยทำให้การแปลภาพดีขึ้นวิธีแบบหาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่เป็นวิธีการปรับปรุงสัญญาณวิธีการหนึ่งซึ่งใช้สัมประสิทธิ์ที่เท่ากันกับการกรองกลับของช่วงการกรองที่ได้กำหนดไว้ดังสมการที่ 5

$$(P_k)_s = \frac{\sum_{i=-n}^{i=n} P_{k+i}}{2L-1} \qquad (5)$$

$(P_k)_s$ คือ ข้อมูลตำแหน่งที่ k ที่ผ่านการกรอง

P_k คือ ข้อมูลตำแหน่งที่ k

L คือ จำนวนของจุดภาพในด้านซ้ายหรือด้านขวาไปถึงขอบหน้าต่าง

วิธีแบบอนุกรมฟูเรีย (Fourier series) ใช้ในการแก้ปัญหาสัญญาณรูปคลื่นไซน์ (Sine wave signal) ที่เกิดจากการทำงานแบบไม่เป็นเชิงเส้น ทำให้สัญญาณมีขนาดและรูปร่างเพี้ยน (Distortion) ไปจากสภาพการปกติ โดยสามารถใช้อนุกรมฟูเรียร์ ซึ่งเป็นผลรวมของไซน์ (Sine) และโคไซน์ (Cosine) และฟังชันที่อธิบายสัญญาณเป็นระยะ โดยสามารถแทนในรูปแบบแบบใดแบบหนึ่ง ในมิติของรูปแบบตรีโกณมิติดังสมการที่ 6

$$y = a_0 + \sum_{i=1}^{n} a_i \cos(nwx) + b_i \sin(nwx) \quad (6)$$

a_0 คือ ค่าคงที่ ณ ตำแหน่ง(จุดตัด) ที่อยู่ในช่วงระยะของข้อมูล

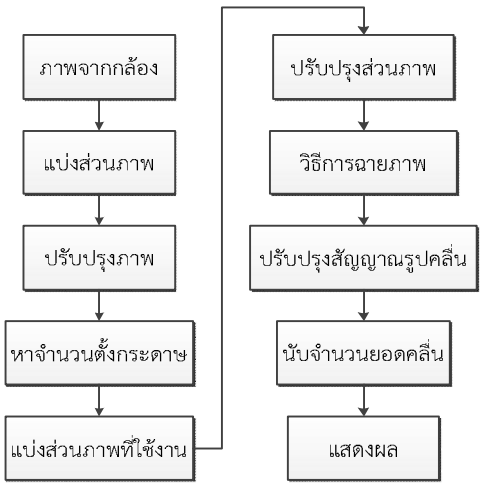
w คือ ความถี่มูลฐานของสัญญาณ

n คือ จำนวนของสัญญาณสอดแทรก(Harmonics)

3. วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 ภาพรวมของระบบ

ระบบทำการนำภาพที่ได้จากกล้องไอพี เข้าสู่กระบวนการประมวลผลภาพ ซึ่งประกอบด้วยการแบ่งส่วนภาพที่ต้องการจากภาพที่นำเข้ามา และทำการปรับปรุงภาพ โดยลดสัญญาณรบกวนเพื่อให้ภาพมีความคมชัด จากนั้นหาจำนวนของตั้งห่อกระดาษเพื่อหาจำนวนรอบของการคำนวณ และหาส่วนของการใช้งานจากภาพ เพื่อให้ได้ส่วนที่ต้องการใช้งานมาทำการปรับปรุงภาพด้วยกระบวนการเกลี่ยเฉดสีของภาพเพื่อให้เป็นภาพขาวและดำ และทำการวิธีการฉายภาพเพื่อให้ได้ภาพกราฟฮิสโตแกรม (Histogram) จากนั้นทำการปรับปรุงสัญญาณเพื่อให้สัญญาณความชัดเจนและมีคุณภาพมากขึ้น จากนั้นทำการนับยอดสูงของเส้นสัญญาณหรือเส้นโครงร่าง (Profile) ซึ่งเท่ากับจำนวนของห่อกระดาษและแสดงผลออกทางหน้าจอแสดงผลดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 บล็อกไดอะแกรมของระบบการนับห่อกระดาษ

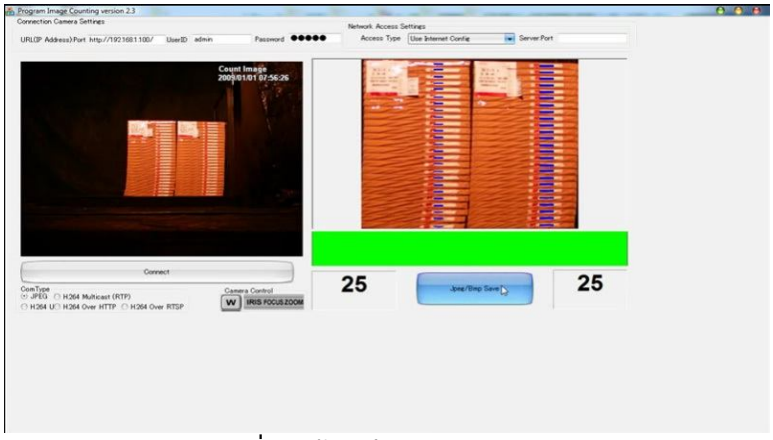
3.2 การพัฒนาระบบ

ในการพัฒนาระบบนำเสนอขั้นตอนวิธีการดำเนินการวิจัยของระบบโดยเป็นวิธีการใช้ประโยชน์จากเส้นโครงร่าง ซึ่งเปรียบเทียบ 2 วิธีการคือวิธีการฉายภาพแล้วปรับเรียบและวิธีการฉายภาพแล้วแก้ปัญหาสัญญาณรูปคลื่น ตามลำดับ โดยวิธีการเมื่อได้ภาพตั้งห่อกระดาษจากกล้องไอพีเข้ามาในระบบ โดยตั้งห่อกระดาษแบ่งออกเป็นแบบ 1ตั้งและแบบ 2 ตั้งที่มีขนาดความหนาของห่อกระดาษที่เท่ากันตลอดทั้งตั้ง ซึ่งขนาดของห่อกระดาษสามารถแยกได้เป็น 2 กลุ่มคือกลุ่มห่อกระดาษที่มีขนาดใหญ่และกลุ่มห่อกระดาษที่มีขนาดเล็กโดยกลุ่มห่อกระดาษขนาดใหญ่มีค่าเฉลี่ยความหนาอยู่ระหว่าง 3.0 - 4.5 cm. และกลุ่มห่อกระดาษขนาดเล็กมีค่าเฉลี่ยความหนาระหว่าง 1.5 - 2.5 cm. ตามลำดับตัวอย่างของกระดาษทั้งสองกลุ่มแสดงดังภาพที่ 6

(ก) (ข)

ภาพที่ 6 ตั้งห่อกระดาษห่อกระดาษ (ก) ขนาดใหญ่และ (ข) ขนาดเล็ก

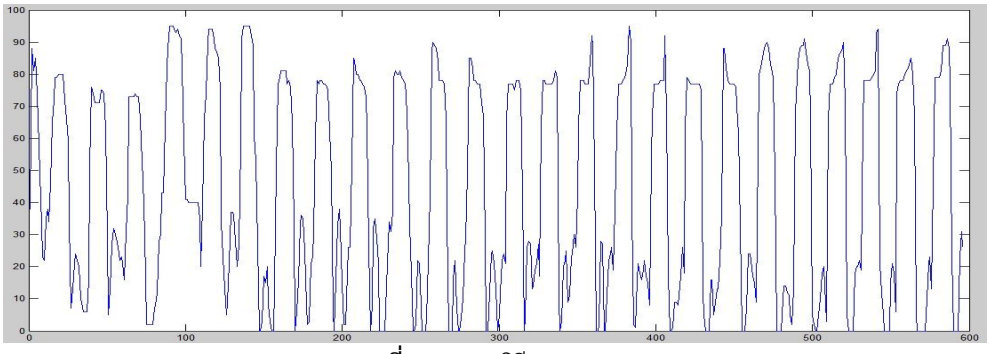
รถยกจะมีการยกตั้งห่อกระดาษออกมาและ หยุด ณ ตำแหน่งจุดจอดรถซึ่งได้จัดพื้นที่ขึ้นเพื่อควบคุมความสว่างของแสงให้คงที่เฉพาะบริเวณด้านข้างของรถยกเพื่อให้เห็นตั้งกระดาษชัดเจนและเป็นการลดผลกระทบจากปัจจัยภายนอกให้เหลือน้อยที่สุด เมื่อรถยกวางตั้งห่อกระดาษในตำแหน่งเรียบร้อยแล้วทำการบันทึกภาพด้วยกล้องไอพี จากนั้นทำการแบ่งส่วนของภาพ หาจำนวนตั้งของห่อกระดาษ นำแต่ละส่วนของภาพที่ใช้ในการคำนวณ จากการหาจำนวนตั้งมาทำการปรับปรุงภาพ และทำการสร้างเส้นโครงร่างจากวิธีการฉายภาพ และทำการปรับปรุงสัญญาณรูปคลื่น และทำการนับจำนวนยอดรูปคลื่น ผลที่ได้จากการนับเท่ากับจำนวนของตั้งห่อกระดาษโดยรอบทำงานทำตามจำนวนตั้งของห่อกระดาษที่ระบบหาได้ตั้งแต่ต้นซึ่งผลการนับจำนวนแสดงผลออกทางหน้าต่างโปรแกรม ดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 หน้าต่างโปรแกรมการทำงาน

ในบทความนี้ได้เลือกใช้วิธีการฉายภาพแนวนอนเพื่อหาเส้นโครงร่างของห่อกระดาษที่ผ่านกระบวนการปรับปรุงด้วยวิธีการท็อปแฮทและวิธีการเกลี่ยเฉดสีด้วยวิธีการหาค่าขีดแบ่งแบบปรับตัวได้ และเพื่อให้สอดคล้องกับภาพถัดไป จึงแสดงในแนวนอน ดังภาพที่ 8 และผลจากวิธีการฉายภาพ ได้ดังภาพที่ 9

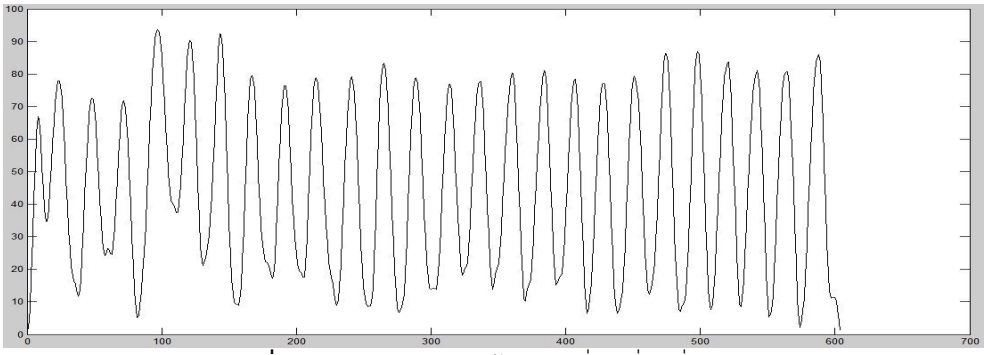
ภาพที่ 8 ผลการปรับปรุงภาพ



ภาพที่ 9 ผลจากวิธีการฉายภาพ

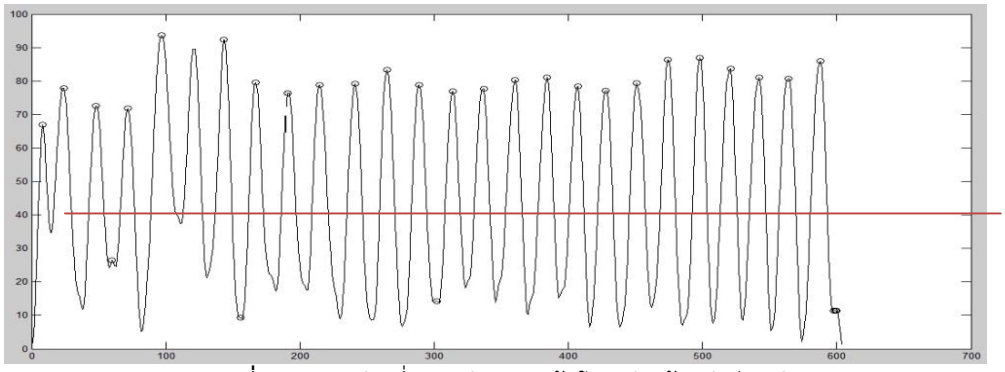
จากภาพเส้นโครงร่างที่ได้จากภาพที่ 9 สามารถใช้ประโยชน์จากลักษณะของเส้นโครงร่างที่คล้ายลูกคลื่นได้ แต่ผลที่ได้กลับมีความผิดพลาดจากรูปคลื่นที่ไม่สมบูรณ์ทำให้ยังไม่สามารถใช้งานได้จริง

3.2.1 การปรับปรุงสัญญาณด้วยค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่เป็นการปรับปรุงสัญญาณวิธีการหนึ่ง ซึ่งทำการหาค่าเฉลี่ยของรูปคลื่นจากตำแหน่งใกล้เคียงด้วยจำนวนขนาดของตำแหน่งที่ต้องการหาค่าเฉลี่ย ทำให้ผลของการปรับสัญญาณเส้นโครงร่างที่ได้จากภาพที่ 9 มีความเรียบขึ้นดังภาพที่ 10



ภาพที่ 10 ปรับปรุงสัญญาณด้วยค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ ขนาด 7

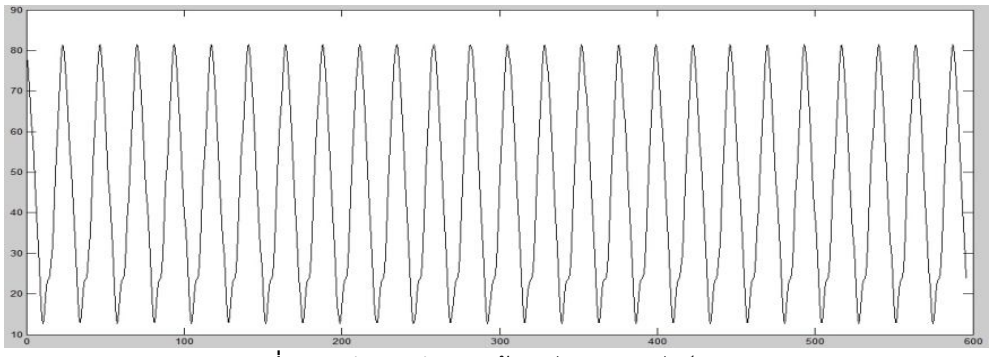
จากนั้นทำการแบ่งครึ่งของสัญญาณเส้นโครงร่างด้วยค่าขีดแบ่ง แล้วทำการหาตำแหน่งสูงสุดบนเส้นโครงร่างผลที่ได้ ดังภาพที่ 11



ภาพที่ 11 การแบ่งครึ่งของสัญญาณเส้นโครงร่างด้วยค่าขีดแบ่ง

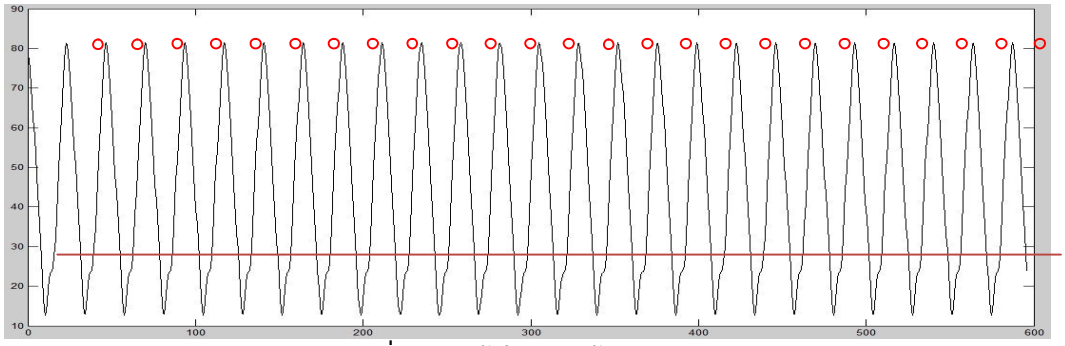
เมื่อทำการนับจำนวนของจุดยอดของแต่ละเส้นโปรไฟล์จะได้จำนวนของห่อกระดาษ จะเห็นได้ว่าวิธีการปรับปรุงสัญญาณด้วยค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่จากเส้นโครงร่างเดิมด้วยวิธีนี้ มีความมีความแม่นยำได้ดีในระดับหนึ่งแต่มีบางครั้งที่เส้นโครงร่างที่ได้ มีความไม่สมบูรณ์ ทำให้เส้นโครงร่างหลังจากการปรับปรุงสัญญาณด้วยค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่นี้ มีค่าน้อยลง และเส้นโครงร่างที่ได้ใหม่ไม่ได้ตัดกับเส้นขีดแบ่งข้อมูล ทำให้การนับจำนวนจุดสูงสุดของเส้นโครงร่างผิดไปจากจำนวนจริง

3.2.2 การปรับปรุงสัญญาณด้วยวิธีอนุกรมฟูเรียร์เป็นการอาศัยฟังก์ชั่นทางคณิตศาสตร์เรื่องอนุกรมฟูเรียร์ โดยอาศัยเส้นสมการเชิงเส้น (Linear) ในการคำนวณซึ่งต้องมีมิติที่เท่ากันกับรูปคลื่นสัญญาณที่ต้องการปรับปรุง ผลของการปรับสัญญาณเส้นโครงร่างที่ได้จากภาพที่ 9 มีความสมบูรณ์ขึ้นดังภาพที่ 12



ภาพที่ 12 ปรับปรุงสัญญาณด้วยวิธีอนุกรมฟูเรียร์ขนาด 5

จากนั้นทำการกำหนดขอบเขตของการนับด้วยการตัดสัญญาณด้วยค่าขีดแบ่ง ในแต่ละช่วงของคลื่นสัญญาณเพื่อทำการหาตำแหน่งจุดยอดของเส้นโครงร่างในแต่ละช่วงสัญญาณดังภาพที่ 13



ภาพที่ 13 ตัดเส้นโครงร่างด้วยค่าขีดแบ่ง

วิธีการนี้ทำให้สัญญาณของเส้นโครงร่างที่อยู่ในรูปของสัญญาณสูงกว่าการปรับปรุงสัญญาณด้วยค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ ที่นำเสนอก่อนหน้าผลของการปรับปรุงสัญญาณด้วยวิธีอนุกรมฟูเรียร์ ทำให้เส้นโครงร่างมีความสม่ำเสมอและสมบูรณ์มากขึ้น หากทำการเปรียบเทียบผลเส้นโครงร่างที่ได้ใหม่กับการปรับปรุงสัญญาณด้วยค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ จึงมีความแม่นยำที่สูงกว่า

4. การทดลองและผลการทดลอง

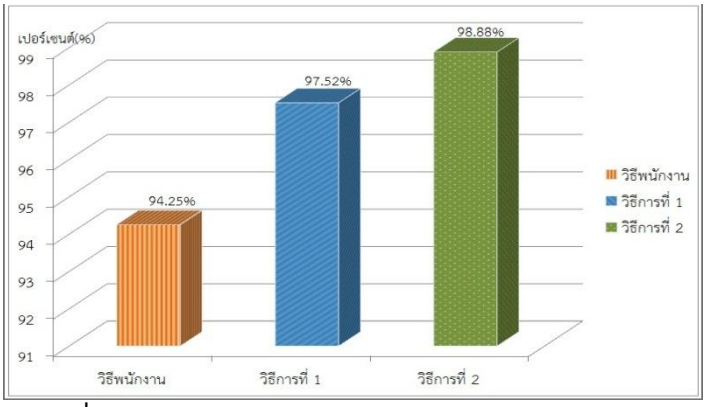
การทดลองโดยการนับด้วยระบบที่นำเสนอเปรียบเทียบกับวิธีการให้พนักงานทำการนับตรวจสอบเพื่อเก็บบันทึกผลเปรียบเทียบทางสถิติในแง่ของเวลาและความถูกต้องในการนับระหว่างวิธีที่นำเสนอทั้ง 2 วิธีและการนับด้วยพนักงานซึ่งเป็นวิธีมาตรฐานจากการทดลองระบบนับห่อกระดาษด้วยกล้องไอพีเป็นระยะเวลา 90 วันมีข้อมูลภาพที่ใช้ในการทดลองประมาณ1,000 ภาพผลปรากฏว่ามีเวลาเฉลี่ยในการนับห่อกระดาษขนาดใหญ่แบบ 1 ตั้งของพนักงานเท่ากับ 9.2 วินาทีและ 2 ตั้งเท่ากับ 16.4 วินาทีการนับด้วยวิธีการฉายภาพแล้วปรับปรุงสัญญาณด้วยค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่(วิธีการที่ 1) ใช้เวลาในการนับจนถึงการแสดงผลข้อมูลเท่ากับ 1.5 วินาทีและ การนับด้วยวิธีการฉายภาพแล้วปรับปรุงสัญญาณด้วยวิธีอนุกรมฟูเรียร์(วิธีการที่ 2) ใช้เวลาในการนับจนถึงการแสดงผลข้อมูลเท่ากับ 1.6 วินาที ซึ่งผลต่างในวิธีการที่ 2 เกิดจากความซับซ้อนของโปรแกรมฟังก์ชั่นอนุกรมฟูเรียร์และการแปลงค่าของฟังก์ชั่นดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตารางเวลาเฉลี่ยในการนับห่อกระดาษ

เวลาเฉลี่ยในการนับห่อกระดาษ (วินาที)						
ขนาดห่อกระดาษ	วิธีพนักงาน		วิธีการที่ 1		วิธีการที่ 2	
	1 ตั้ง	2 ตั้ง	1 ตั้ง	2 ตั้ง	1 ตั้ง	2 ตั้ง
ขนาดใหญ่	9.2 s	16.4 s	1.5 s	1.5 s	1.6 s	1.6 s
ขนาดเล็ก	13.7 s	N/A	1.5 s	N/A	1.6 s	N/A

N/A (Not Available): ไม่มีรูปแบบการตั้งห่อกระดาษประเภทนี้

จากการทดลองระบบเพื่อเปรียบเทียบหาค่าเฉลี่ยความถูกต้องในการนับจำนวนห่อกระดาษพบว่าวิธีการนับโดยพนักงานมีค่าความถูกต้องเท่ากับ 94.25% ส่วนการนับด้วยวิธีการที่ 1 มีความถูกต้องเท่ากับ 97.52% เมื่อนับด้วยวิธีการที่ 1 ซึ่งสูงกว่าวิธีการมาตรฐานประมาณ 3.27% แต่เมื่อนับด้วยวิธีการที่ 2 จะให้ค่าความถูกต้องเท่ากับ 98.88% ซึ่งมีค่าสูงกว่าการนับด้วยวิธีการที่ 1ดังแสดงในภาพที่ 14



ภาพที่ 14 เปรียบเทียบค่าความถูกต้องในการนับจำนวนห่อกระดาษ

5. บทสรุป

งานวิจัยนี้ได้เสนอการปรับปรุงสัญญาณของเส้นโครงร่างจากข้อมูลที่ได้ด้วยวิธีการประยุกต์การฉายภาพ มาใช้ในการนับจำนวนห่อกระดาษ โดยจากการทดลองสามารถนับขนาดของห่อกระดาษได้ทั้งห่อขนาดใหญ่และห่อขนาดเล็ก และสามารถนับจำนวนตั้งห่อกระดาษได้มากกว่า 1 ตั้งห่อกระดาษ ในการยกตั้งกระดาษของรถยก 1 ครั้งจากการทดลองผลปรากฏว่าระบบที่ทำการพัฒนาขึ้นมีเวลาเฉลี่ยในการนับจำนวนห่อกระดาษขนาดใหญ่ด้วยพนักงานในแบบ 1 ตั้งที่เวลาเฉลี่ย 9.2 วินาที และแบบ 2 ตั้ง ที่เวลาเฉลี่ย 16.4 วินาที เวลาเฉลี่ยในการนับจำนวนห่อกระดาษขนาดเล็กมีแบบ 1 ตั้ง ที่เวลาเฉลี่ย 13.7 วินาทีและเวลาเฉลี่ยในการนับจำนวนห่อกระดาษด้วยวิธีการฉายภาพแล้วปรับปรุงสัญญาณด้วยค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ มีเวลาการทำงานในการนับจำนวนห่อกระดาษขนาดใหญ่และขนาดเล็กที่เท่ากัน ที่เวลาเฉลี่ย 1.5 วินาที และการนับจำนวนห่อกระดาษด้วยวิธีการฉายภาพแล้วปรับปรุงสัญญาณด้วยวิธีอนุกรมฟูเรียร์ มีเวลาการทำงานในการนับจำนวนห่อกระดาษขนาดใหญ่และขนาดเล็กที่เท่ากันที่เวลาเฉลี่ย 1.6 วินาที ผลการทำงานที่ช้ากว่าเกิดจากการแปลงค่าของฟังก์ชั่นของโปรแกรมในส่วนของอนุกรมฟูเรียร์ ซึ่งวิธีการที่เกิดขึ้น ให้ผลในด้านเวลาที่ดีกว่าวิธีการนับด้วยพนักงานประมาณ 8.5 เท่า และมีค่าความถูกต้องในการทำงาน ด้วยวิธีการฉายภาพแล้วปรับปรุงสัญญาณด้วยค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ เท่ากับ 97.52% ด้วยวิธีการฉายภาพแล้วปรับปรุงสัญญาณด้วยวิธีอนุกรมฟูเรียร์ เท่ากับ 98.88% ผลจากค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้น 1.12% เกิดจากห่อกระดาษมีการฉีกขาดไม่สมบูรณ์ มีรอยยับย่นบนห่อกระดาษมากเกินไป จึงส่งผลให้การนับจำนวนห่อกระดาษผิดพลาดได้

6. เอกสารอ้างอิง

[1] P. Chomtip, T. Fuangchat and R. Sorawat, “Object Detection and Counting System”, Mahidol University, Bangkok, Thailand, May 2008

[2] P. Attapon, R. Somchart, R. San, “Counting Parcel Papers System Using Projection Profile”, published by ETCI-Card 2011

[3] อรรถพล พลานนท์,สรร รัตนสัญญา และสมชาติ รุ่งเรืองสรการ, “การนับจำนวนห่อกระดาษด้วยการใช้ประโยชน์จากวิธีการฉายภาพ,” 2011 Eighth International joint Conference on Computer Science (JCSSE), ปีที่ 8, เดือนพฤษภาคม2554, หน้า 51 – 56

[4] Lam, L., Seong-Whan Lee, and Ching Y. Suen, "Thinning Methodologies-A Comprehensive Survey," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol 14, No. 9, September 1992, page 879, bottom of first column through top of second column.

[5] Z. Sadeghipour, M. B. Zadeh and C. Jutten, “An adaptive thresholdingapproach for image denoising using redundant representations,” Electr.Eng., Sharif University, Iran, 2009

[6] L. Ma, Y.Sun, N. Feng and Z. Liu, “Image Fast Template MatchingAlgorithm Based on Projection and Sequential Similarity Detecting”, Sci. & Eng. Department, Harbin Inst. of Technol., China, 2009.