



รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

ระบบตรวจสอบความถี่ร่องยางรถยนต์แบบเวลาจริงด้วยแมชชีนวิชัน

Real-Time inspection system for Tire using Machine vision

รศ.ดร.ทวีพล ชื้อสัตย์

ผศ.ดร.นวกัทธา หนูนา

RCH
ท 2145
2556

สาขา.....
เลขทะเบียน 137833
รับเดือนปี -16 ต.ค. 2558

12700770
.b.....
.i.....

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินงบประมาณเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2556

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการ ระบบตรวจสอบความถี่ร่องขางรถยนต์แบบเวลาจริงด้วยแมชชีนวิชั่น

แหล่งเงิน งบประมาณเงินรายได้ คณะวิศวกรรมศาสตร์

ประจำปีงบประมาณ 2556

จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน 80,000 บาท

ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี

ตั้งแต่ 1 ตุลาคม 2555 **ถึง** 30 กันยายน 2556

หัวหน้าโครงการวิจัย รศ.ดร.ทวีพล ชื้อสัตย์

สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ผู้ร่วมโครงการวิจัย ผศ.ดร.นวกัทธา หนูนาค

สาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอวิธีการวัดความถี่ของร่องขางรถยนต์ซึ่งเป็นตัวชี้วัดคุณภาพเชิงกายภาพจากคุณสมบัติในระบบ 3 มิติของวัตถุด้วยระบบแมชชีนวิชั่น โดยการใช้วิธีลำแสงเลเซอร์ตัดขวางวัตถุโดยวัตถุที่จะทำการวัดจะถูกลำแสงเลเซอร์แบบเส้นตรงพาดผ่านซึ่งสามารถตรวจจับได้ด้วยกล้อง ลำแสงเลเซอร์นี้จะตั้งฉากกับผิวหน้าของขางรถยนต์ที่ตั้งอยู่บนแท่นหมุนยาง ในแต่ละตำแหน่งของขางรถยนต์บนภาพ โดยข้อมูลในชุดรูปภาพนี้จะได้จากรูปในลักษณะของลำแสงเลเซอร์ที่ถูกฉายไปบนพื้นผิวของหน้าขาง แล้วทำการประมวลผลรูปภาพเบื้องต้นซึ่งชุดข้อมูลที่ได้จากเส้นเลเซอร์จะนำไปหาจุดศูนย์กลางมวลของลำแสงเลเซอร์และสร้างจุดอ้างอิง เพื่อหาระยะห่างระหว่างเส้น แล้วทำการแปลงข้อมูลนี้ที่ได้เป็นค่าจริง ซึ่งระบบนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบระบบเครื่องมือตรวจสอบอัตโนมัติแบบไม่ทำลายได้เป็นอย่างดี

คำสำคัญ : ระบบแมชชีนวิชั่น, ลำแสงเลเซอร์ตัดขวาง, การประมวลผลภาพ

Research Title: Real-Time inspection system for Tire using Machine vision

Researcher: Assoc.Prof.Dr.Taweepol Suesut

Department of Instrumentation and Control Engineering

Faculty of Engineering, KMITL

Asst.Prof.Dr.Navaphattra Nunak

Department of Food Engineering

Faculty of Engineering, KMITL

ABSTRACT

This paper proposes a method to measure the depth of the grooves of the tire which can be determined the physical quality in 3D objects by computer vision using a laser light sectioning. The object to be measured is projected by a linear laser beam, which can be captured the laser profile by the machine vision camera. This laser beam is perpendicular to the surface of the tire on the tire rotating stand. The laser profile being performed pre- image processing and the center of gravity as feature of grooves in the rubber of the tires. The smoothing data method is used to determine the image distance between the lines. Afterward, this information can then be converted into real values. Our scheme can be applied to design the automatic non-destructive inspection system as well.

Keywords: Machine vision, Laser light sectioning, Image processing

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทุนสนับสนุนการวิจัยจากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จากแหล่ง
ทุน งบประมาณเงินรายได้ คณะวิศวกรรมศาสตร์ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2556สำหรับการจัดสรร
ทุนอุดหนุนการวิจัย

ทวีพล ซื่อสัตย์
นวกัทรာ หนูนาต



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญภาพ.....	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 สาเหตุและสภาพการสึกของยางรถยนต์.....	3
2.2 วิธีตรวจสอบความสึกของร่องยางรถยนต์.....	8
2.3 การประเมินผลสภาพดีจิตอล.....	9
2.4 รูปแบบการสแกนวัตถุ.....	17
2.5 วิธีการหาจุดศูนย์กลาง.....	21
2.6 สมการคำนวณค่าความผิดพลาดจากการวัด.....	23
บทที่ 3 การออกแบบและการทดลอง	24
3.1 วัสดุและอุปกรณ์.....	24
3.2 การออกแบบโครงสร้างในส่วนของทดลอง.....	24
3.3 การออกแบบโปรแกรม.....	27
3.4 การออกแบบและติดตั้งเครื่องตรวจวัดความสึกของยางด้วยวิธีสแกนจักรกล.....	34
บทที่ 4 ผลการทดลอง	37
4.1 ผลการทดลองที่ได้จากการทดลองโดยวิธีสุ่มเฟรม.....	37
4.2 ผลการทดลองที่ได้จากการทดลองด้วยวิธีจับเวลาต่อรอบ.....	22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....	43
5.1 สรุปผลการทดลอง.....	43
5.2 ปัญหาที่พบในการทดลอง.....	43
5.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางการพัฒนา.....	44
บรรณานุกรม	45
ประวัตินักวิจัย	47



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการดำเนินการ.....	24



สารบัญภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่	หน้า
2.1 (ก) ขางเชื่อมมีลักษณะคล้ายดอกเห็ด (ข) ใหล่ขางเชื่อมอย่างรวดเร็ว (ค) หน้าขางเชื่อมอย่างรวดเร็ว (ง) รอยแตกระหว่างคอกขาง (จ) รอยเชื่อมตามผิวหน้าขาง.....	4
2.2 (ก) จุดบกพร่องที่ตัวอักษร (ข) แก้มขางมีรอยบวม (ค) รอยแยกของชั้นขาง (ง) รอยนึ้กขาบนแก้มขาง (จ) รอยตัดบนแก้มขาง.....	5
2.3 (ก) รอยแยกค้ำนขอบขาง (ข) รอยแยกของคอกขาง (ค) รอยแยกตามแนวหน้าขาง(ง) รอยแยกที่ใหล่ขาง (จ) รอยแยกของใหล่ขาง.....	6
2.4 (ก) และ (ข) สภาพการเชื่อมของขางที่เกิดจากสิ่งกีดขวางบนท้องถนน ซึ่งการเจาะ โดยปกติแล้วจะแสดงให้เห็นเฉพาะจุดที่ถูกเจาะหรือถูกตัดที่คอกขางแล้วทะลุผ่านเข้าไปตัวขางค้ำนใน.....	6
2.5 (ก) และ (ข) สภาพการเชื่อมของขางที่เกิดจากสิ่งกีดขวางบนท้องถนน ซึ่งเป็นการขยายตัวของขางรอยขีดข่วนจะสามารถพบได้ที่รอบวงของตัวขางและวีวรอยอาจจะสังเกตได้จากตัวขางค้ำนใน.....	7
2.6 (ก) รอยแตกที่ขอบขาง (ข) ความเสียหายค้ำนขอบขาง (ค) ความเสียหายจากวงล้อ.....	7
2.7 (ก) และ (ข) เครื่องมือวัดความลึกของขางรถยนต์ (Tire Depth Gauge).....	8
2.8 (ก) และ(ข) สะพานขางหรือตัวบ่งชี้ความลึกของร่องขาง(Tread wear Indicator).....	9
2.9 การประยุกต์ลำแสงเลเซอร์กับแมชชีนวิชั่นแบบตัดขวางบนสายพาน.....	11
2.10 Robot vision ในการจับวัตถุ.....	11
2.11 Computer Vision กับ บาร์โค้ดและQR code.....	12
2.12 (ก) และ (ข) เป็นรูปแบบการสแกนวัตถุโดยการหมุนวัตถุ.....	12
2.13 รูปแบบการสแกนวัตถุโดยการหมุนทำมุมของแสงหรืออุปกรณ์.....	13
2.14 การสแกนโดยใช้แสงแบ่งส่วนวัตถุ (Light-Sectioning).....	19
2.15 (ก) การเคลื่อนที่ของวัตถุผ่านเส้นแสง (ข) รูปที่ได้ในเฟรมต่างๆเมื่อมีวัตถุตัดผ่าน.....	19
2.16 ตัวอย่างการนำภาพตัดขวางแต่ละส่วนมารวมเพื่อสร้างภาพตัดขวาง 3 มิติ.....	20
2.17 เส้นแสงเลเซอร์ที่ได้ทำการคำนวณค่าเฉลี่ยแล้ว.....	21
2.18 เมทริกซ์ขนาด 4x5.....	22
3.1 ตัวเครื่องที่ทำการออกแบบ โดยใช้โปรแกรมAuto cad.....	25
3.2 ตัวเครื่องที่ทำการออกแบบเสร็จเรียบร้อยแล้ว.....	25
3.3 ตัวเครื่องหมุนล้อ.....	26
3.4 ฐานตั้งล้อ.....	26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่	หน้า
3.5 Process ที่ใช้ในการประมวลผลภาพ.....	27
3.7 ระบบ Auto scale ที่ใช้วัดความลึกของร่องยาง.....	28
3.8 การทำงานของระบบ COG.....	29
3.9 โหมดการทำงาน.....	29
3.10 โหมดการทำงานแบบ กำหนดเวลาต่อรอบ.....	30
3.11 โหมดการทำงานแบบ สุ่มจำนวนเฟรมภาพ.....	30
3.12 กราฟจำลองล้อยางในหน่วยของ มิลลิเมตร.....	31
3.13 รูปการทำงานกราฟจำลองในหน่วยของมิลลิเมตร.....	31
3.14 การปรับค่าของกราฟจำลองในหน่วยมิลลิเมตร.....	31
3.15 รูปการทำงานของกราฟเปอร์เซ็นต์ยาง.....	32
3.16 กราฟเปอร์เซ็นต์ยาง.....	32
3.17 สัญญาณเตือน.....	32
3.18 รูปการทำงานของสัญญาณไฟเตือน.....	33
3.19 การเก็บข้อมูลที่ได้จากการประมวลผล.....	33
3.20 รูปการไหลข้อมูลเข้าสู่ Microsoft excel.....	34
3.21 ตัวเครื่องหมุนล้อและส่วนประกอบ.....	34
4.1 กราฟเปรียบเทียบค่าที่วัดจากเวอร์เนียและค่าที่อ่านจากโปรแกรมโดยใช้วิธีสุ่มเฟรมยางไม่ได้ใช้งาน 37	37
4.2 กราฟเปรียบเทียบค่าที่วัดจากเวอร์เนียและค่าที่อ่านจากโปรแกรมโดยใช้วิธีสุ่มเฟรมยางใช้งานแล้ว 38	38
4.3 กราฟเปรียบเทียบค่าที่วัดจากเวอร์เนียและค่าที่อ่านจากโปรแกรมโดยใช้วิธีจับเวลายางไม่ได้ใช้งาน 38	38
4.4 กราฟเปรียบเทียบค่าที่วัดจากเวอร์เนียและค่าที่อ่านจากโปรแกรมโดยใช้วิธีจับเวลายางใช้งานแล้ว 39	39
4.5 กราฟเปรียบเทียบค่าที่วัดจากเวอร์เนียและค่าที่อ่านจากโปรแกรมโดยใช้ยาง รุ่น Dunlop185-60R15.....	40
4.6 กราฟเปรียบเทียบค่าที่วัดจากเวอร์เนียและค่าที่อ่านจากโปรแกรมใช้ยางรุ่น Goodyear175-65R15.....	40
4.7 กราฟเปรียบเทียบค่าที่วัดจากเวอร์เนียและค่าที่อ่านจากโปรแกรมใช้ยาง รุ่น Firenze195-60R15-88H.....	41
4.8 กราฟเปรียบเทียบค่าที่วัดจากเวอร์เนียและค่าที่อ่านใช้ยาง รุ่น Goodyear175-65R15 (100%).....	41
4.9 กราฟเปรียบเทียบค่าที่วัดจากเวอร์เนียและค่าที่อ่านจากโปรแกรมใช้ยาง รุ่น Bridgestone185-55-R15.....	42

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันอุตสาหกรรมด้านขางรถยนต์ได้ผลิตขางรถยนต์ออกสู่ท้องตลาดมากมายหลายยี่ห้อซึ่งทางเจ้าของผลิตภัณฑ์ได้คำนึงถึงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ของตนเอง โดยอาศัยเทคโนโลยีเข้ามาช่วยในระบบการตรวจสอบแบบอัตโนมัติแทนแรงงานคนที่สามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่อง การตรวจสอบสภาพของขางรถยนต์ใหม่ที่ผลิตออกจากโรงงานไม่สามารถตรวจสอบได้ทั้งหมด เนื่องจากเวลาและแรงงานคนที่มีจำกัด จึงใช้วิธีในการสุ่มเพื่อตรวจสอบคุณภาพ ส่วนขางเก่าที่ใช้แล้วหรือขางที่มีการเปลี่ยนก็พบว่ามีสาเหตุหลายประการที่ทำให้เกิดความเสียหาย ดังนั้นการตรวจสอบความผิดปกติของขางให้มีคุณภาพที่ดีจะทำให้เกิดความปลอดภัยบนท้องถนนซึ่งเกิดจากความเสียหายของขางรถยนต์ในขณะที่ใช้งาน วิธีที่ใช้ในการตรวจสอบความลึกของร่องขางรถยนต์มีหลายวิธีเช่น วิธีการวัดด้วยเครื่องมือวัดความลึกของขางรถยนต์ (Tire Depth Gauge) วิธีการตรวจสอบด้วยตัวบ่งชี้ความลึกของร่องขางหรือสะพานขาง (Tread Wear Indicator) และวิธีการตรวจวัดด้วยระบบแมชชีนวิชัน เป็นต้น โดยสองวิธีแรกเป็นการวัดด้วยมนุษย์ทำให้งานไม่มีความต่อเนื่องและต้องสูญเสียเวลาในการทำการวัดที่ละจุดบนตัวขางรถยนต์ ดังนั้นจึงได้นำเอาระบบแมชชีนวิชัน (Machine Vision System) มาทำการทดแทนแรงงานมนุษย์ซึ่งเป็นวิธีวัดแบบเก่า

ระบบแมชชีนวิชันนี้ได้ถูกวิจัยและพัฒนาในช่วงปี 1920 และได้นำมาประยุกต์ใช้ในการตรวจสอบและตรวจวัดขนาดของวัตถุในหลายประเภทเช่น อุตสาหกรรมการผลิต อุตสาหกรรมเกษตร เป็นต้น ในงานวิจัยนี้ได้นำระบบนี้มาประยุกต์ใช้ในการวัดและตรวจสอบความลึกของร่องขางรถยนต์แบบ 3 มิติ ด้วยการใช้เทคนิคแสงเลเซอร์แบ่งส่วนวัตถุโดยทำการประมวลผลแบบเวลาจริง

การตรวจสอบคุณภาพของขางรถยนต์ให้มีคุณภาพที่ดี จะช่วยลดอุบัติเหตุบนท้องถนน ลดความเสียหายทั้งชีวิตและทรัพย์สิน ปัจจุบันรัฐบาลได้เล็งเห็นความสำคัญของการพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อสนับสนุนการทำงานของภาคอุตสาหกรรม การพัฒนาระบบตรวจสอบดังกล่าวนี้จึงสอดคล้องกับยุทธศาสตร์ที่ 1 ของกระทรวงอุตสาหกรรมและยุทธศาสตร์ของฝ่ายอุตสาหกรรม ซึ่งต้องการผลักดันและสร้างมูลค่าจากความรู้เพื่อให้อุตสาหกรรมมีความเข้มแข็ง นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับนโยบายและยุทธศาสตร์ที่ 2 เป้าประสงค์ข้อที่ 2 ของสถาบัน ซึ่งเน้นการพัฒนางานวิจัยและนวัตกรรมเพื่อสร้างความเป็นเลิศในระดับชาติและนานาชาติ นอกจากนี้ การพัฒนาอุตสาหกรรมประเภทนี้ยังสอดคล้องกับยุทธศาสตร์การพัฒนาประเทศตามแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 10 ในข้อที่ 3.1 และ 3.2 ยุทธศาสตร์การปรับโครงสร้างเศรษฐกิจให้สมดุลและยั่งยืน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

- 1 เพื่อพัฒนาระบบต้นแบบสำหรับใช้ตรวจสอบความถี่ของร่องขางรถยนต์ด้วยระบบแมชชีนวิชั่น
- 2 เพื่อพัฒนาระบบประมวลผลภาพที่ได้จากกล้องและวัดขนาดความถี่ของร่องขางรถยนต์แบบเวลาจริงโดยเป็นการนำเสนอเทคนิควิธีการวัดขนาดด้วยภาพ (Metric Vision)
- 3 เพื่อพัฒนาระบบตรวจสอบคุณภาพของขางรถยนต์ในเชิงกายภาพแทนมนุษย์

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

- 1 ออกแบบและสร้างเครื่องมือตรวจสอบความถี่ของร่องขางรถยนต์ ด้วยการใช้เทคนิคแสงเลเซอร์แบ่งส่วนวัตถุ
- 2 พัฒนาโปรแกรมการประมวลผลภาพบนคอมพิวเตอร์ด้วยโปรแกรม Lab View ในลักษณะการทำงานแบบเวลาจริงรวมทั้งนำไปประยุกต์ใช้งานจริงในการตรวจสอบขางรถยนต์หรือบนวัตถุอื่นๆ
- 3 สร้างเครื่องต้นแบบในการวัดขนาดของวัตถุตัวอย่างทั้งความกว้าง ความยาว ความสูงและพื้นที่ โดยรวมเชิงปริมาตรในหน่วยของการวัดมาตรฐานสากล โดยให้ความถูกต้องแม่นยำและมีค่าความผิดพลาดอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ได้เครื่องมือตรวจสอบความถี่ของร่องขางรถยนต์ ด้วยการใช้เทคนิคแสงเลเซอร์แบ่งส่วนวัตถุ พัฒนาโปรแกรมการประมวลผลภาพบนคอมพิวเตอร์ด้วยโปรแกรม Lab View ในลักษณะการวัดแบบเวลาจริง ในหน่วยของการวัดมาตรฐานสากล โดยให้ความถูกต้องแม่นยำและมีค่าความผิดพลาดอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

บทที่ 2

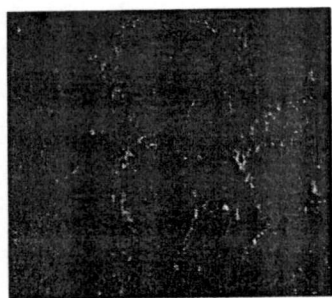
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในงานวิจัยและพัฒนาที่เกี่ยวข้องกับระบบคัดแยกหรือตรวจสอบคุณภาพของวัตถุดิบที่ผ่านมา โดยส่วนใหญ่ที่นำการประมวลผลภาพและระบบคอมพิวเตอร์มาใช้ จะเป็นการตรวจสอบหรือคัดแยกขนาดโดยใช้การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ ได้แก่ สีที่บอกลักษณะด้านคุณภาพของวัตถุดิบบางอย่าง เช่น ความสูงของผลไม้หรือความสดของวัตถุดิบ และมีงานวิจัยต่าง ๆ ที่พัฒนาระบบการประมวลผลภาพมาวิเคราะห์ถึงคุณสมบัติด้านขนาดของวัตถุดิบในลักษณะที่เป็นแบบ 2 มิติ คือความกว้างหรือความยาวเท่านั้น ทำให้ขาดข้อมูลในส่วนความสูงหรือความหนา เมื่อนำระบบสองมิตินี้มาพัฒนาเป็นเครื่องคัดขนาด คุณภาพด้านขนาดและรูปร่างที่ได้จึงไม่สมบูรณ์ดังที่ภาคอุตสาหกรรมต้องการ ซึ่งในภาคอุตสาหกรรมหลายประเภทมีความจำเป็นต้องทำการตรวจสอบและวัดขนาดของวัตถุดิบหรือชิ้นงานในขบวนการผลิตลักษณะ 3 มิติ (ความกว้าง ความยาว และความหนา) จึงมีงานวิจัยและการพัฒนาเพื่อให้สามารถตรวจสอบหรือคัดแยกขนาดได้ทั้ง 3 มิติ อย่างไรก็ตามงานวิจัยเหล่านี้หน่วยของการวัด ไม่ได้อยู่ในรูปของหน่วยการวัดสากล เช่น มิลลิเมตร หรือ เซนติเมตร ถ้าหากมีระบบที่มีความสามารถตรวจสอบหรือวัดขนาดได้ในแบบ 3 มิติ ที่มีความสะดวกในการใช้งานรวมทั้งมีความเร็วในการประมวลผลและบอกได้ถึงขนาดของวัตถุที่เป็นหน่วยวัดมาตรฐานสากลจะเกิดประโยชน์ในการนำไปประยุกต์ใช้งานมากยิ่งขึ้น

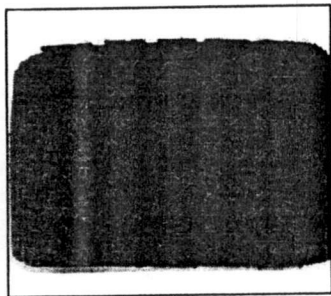
งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งเน้นไปที่การตรวจสอบคุณภาพของยางรถยนต์ชนิดต่างๆ โดยสร้างเครื่องต้นแบบสำหรับวัดความลึกของร่องยางที่สามารถทำการตรวจสอบสภาพการสึกหรอของยางจากการใช้งานได้อย่างสะดวก รวดเร็ว และแม่นยำ

2.1 สาเหตุและสภาพการสึกของยางรถยนต์

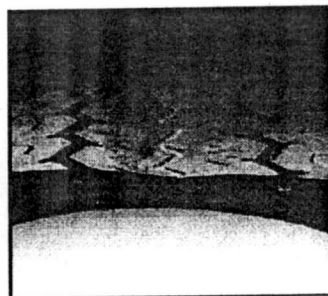
การสึกหรอของดอกยางมีอยู่หลายรูปแบบ เช่น บริเวณหน้ายาง บริเวณแก้มยาง และบริเวณขอบยาง สำหรับการสึกหรอที่เกิดบริเวณบนหน้ายาง ซึ่งเป็นการสึกหรอแบบรวดเร็วในยางรถยนต์ และยังพบเห็นตามบล็อคอของดอกยางในลักษณะแตกเป็นลายบนพื้นที่ยของดอกยาง ซึ่งการสึกหรอแบบนี้มักจะเป็นผลมาจากปัญหาในการเบรค การหยุดแบบกะทันหันหรือการจัดวางตำแหน่งของยางรถยนต์กับล้อนั้นก็ก็เป็นปัญหาอย่างหนึ่ง ซึ่งทำให้ยางรถยนต์ไม่สมดุลการลื้อเพราะมาจากการประกอบล้อไม่ดีหรือการใช้งานที่ผิดวัตถุประสงค์



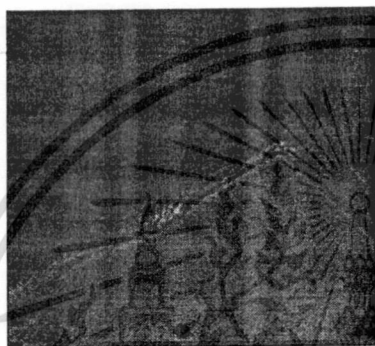
(ค)



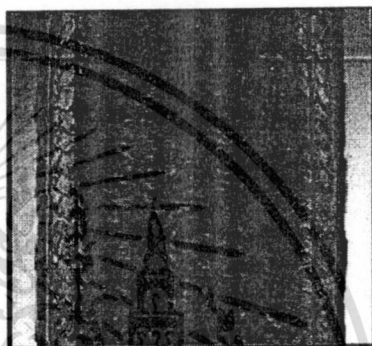
(ก)



(ข)



(ง)

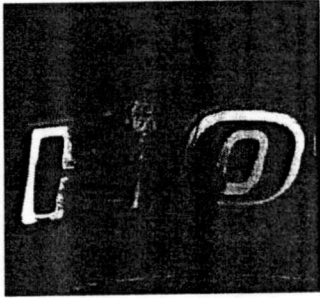


(จ)

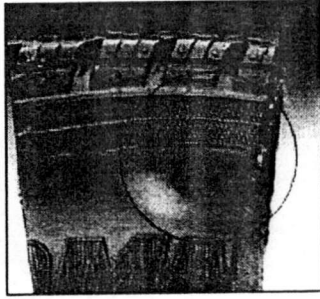
รูปที่ 2.1 (ก) ข้างเสื่อมมีลักษณะคล้ายดอกเห็ด (ข) ใหลข้างเสื่อมอย่างรวดเร็ว (ค) หน้าข้างเสื่อมอย่างรวดเร็ว (ง) รอยแตกระหว่างคอกข้าง (จ) รอยเสื่อมตามผิวหน้าข้าง

ความเสียหายที่แก้มข้าง (Sidewall Damage) ความเสียหายในลักษณะนี้จะเกิดที่บริเวณแก้มข้างมีลักษณะเป็นรอยถูกตัด รอยฉีกขาดหรือที่ใดๆ ไปตามแนวกรีดบนแก้มข้าง ความเสียหายประเภทนี้มักจะเกิดขึ้นเมื่อขางพบกับสิ่งขีดขวางที่อาจจะเป็นอันตรายบนท้องถนน ซึ่งอาจรวมถึงอะไรก็ได้จากวัตถุที่เหนียวรั้งที่มีลักษณะเป็นเกลียวหรือชิ้นส่วนที่เป็นโลหะ วัตถุที่มีคม ซึ่งทำให้ขางเกิดความเครียดทำให้เกิดการรอยตัดรอยฉีกขาดหรือในลักษณะการบวมของขางมาจากการบูดที่สามารถทำให้เกิดขึ้นได้และมีผลกระทบต่อความเสียหายหรือการรอยขีดข่วนบนขางเป็นเวลานาน

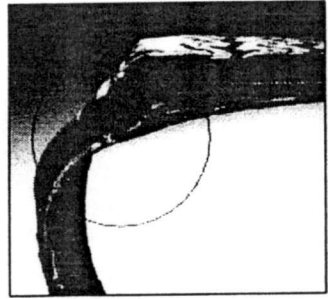
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)



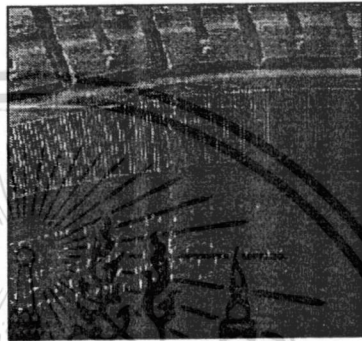
(ข)



(ค)



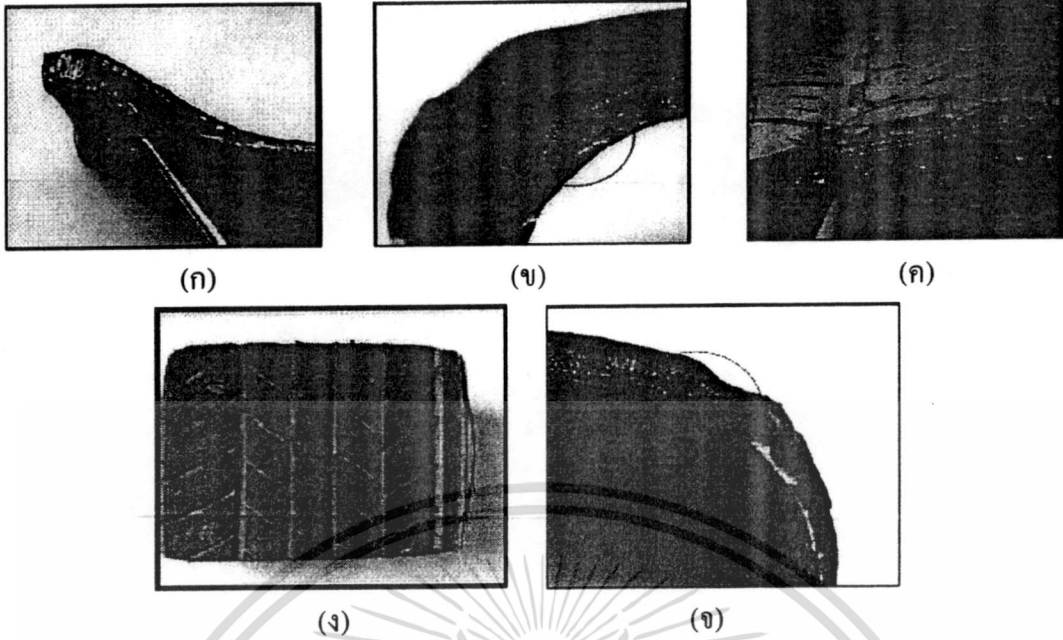
(ง)



(จ)

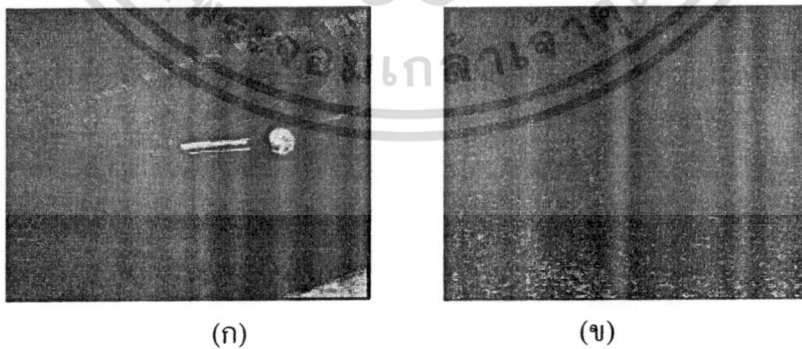
รูปที่ 2.2 (ก) จุดบกพร่องที่ตัวอักษร (ข) แก้มยางมีรอยบวม (ค) รอยแยกของชั้นยาง (ง) รอยฉีกขาดบนแก้มยาง (จ) รอยตัดบนแก้มยาง

การแยกออกของยาง (Tire Separations) ลักษณะของความเสียหายจะเป็นรอยแยก รอยนูนบนหน้ายางหรือไหล่ยาง ซึ่งรอยแยกจะเกิดเป็นแนวยาวตามที่บริเวณร่องยางและไหล่ยาง เป็นสัญญาณบ่งบอกของการเกิดรอยแยก ซึ่งปัญหาของการแยกส่วนใหญ่จะเกิดจากความร้อนที่สูงที่ผิดปกติ โดยที่ความร้อนสูงนั้นสามารถเกิดขึ้นได้ในช่วงการขับขี่ด้วยความเร็วที่สูงเป็นเวลานานๆทำให้สภาพยางรถยนต์มีความร้อนสะสมมากเกินไปจึงเกิดการแยกออกของชั้นยาง อีกทั้งยังสามารถเกิดจากการซึมของน้ำหรือมีวัตถุเข้าไปในโครงสร้างของยาง โดยสิ่งแปลกปลอมที่เข้าไปในยางจะทำให้เกิดรอยฉีกขาดได้อาจทำให้เกิดอันตรายบนท้องถนนได้



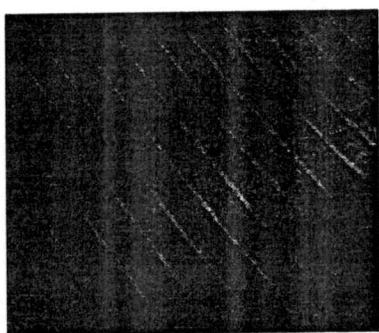
รูปที่ 2.3 (ก) รอยแยกด้านขอบยาง (ข) รอยแยกของคอกยาง (ค) รอยแยกตามแนวหน้ายาง
(ง) รอยแยกที่ไหล่ยาง (จ) รอยแยกของไหล่ยาง

อันตรายจากวัตถุที่อยู่บนถนน (Road Hazard) ความเสียหายที่เกิดจากวัตถุสิ่งแปลกปลอมบนท้องถนน คูเหมื่อนจะเกิดจากวัตถุที่มีปลายแหลมหรือทะลุตัดเข้าไปบางส่วนใน หรือเกิดจากการใช้งานอย่างหนักหรือถูกละเลยจึงทำให้เกิดเป็นรอยเสียหายในผนังด้านในของยางหรือจะเกิดเป็นรอยขีดข่วนที่ขยายตามเส้นรอบวงของยาง เพราะว่าอันตรายที่เกิดบนท้องถนนนั้นจะสร้างความเสียหายก็ต่อเมื่อมีวัตถุมีคมสัมผัสกับยาง ถ้าขาดการดูแลหรือละเลยจะสร้างความเสียหายอย่างรุนแรงยิ่งขึ้น โดยจะทำให้ยางพองขึ้น ทำให้เกิดช่องว่างระหว่างชั้นยาง นอกจากนี้ยังสามารถเกิดขึ้นกับยางที่มีแฉีกเซี่ยลคู่มากเกินไป

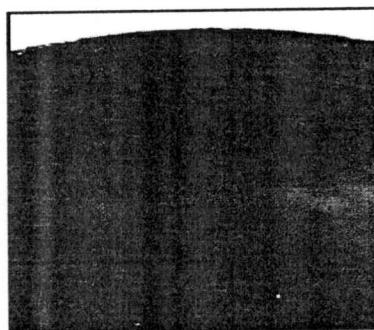


รูปที่ 2.4 (ก) และ (ข) สภาพการเสื่อมของยางที่เกิดจากสิ่งกีดขวางบนท้องถนน ซึ่งการเจาะ โดยปกติแล้วจะแสดงให้เห็นเฉพาะจุดที่ถูกเจาะหรือถูกตัดที่คอกยางแล้วทะลุผ่านเข้าไปตัวยางด้านใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)



(ข)

รูปที่ 2.5 (ก) และ (ข) สภาพการเสื่อมของยางที่เกิดจากสิ่งกีดขวางบนท้องถนน ซึ่งเป็นการขยายตัวของยางรอยขีดข่วนจะสามารถพบได้ที่รอบวงของตัวยางและรีวรอยอาจจะสังเกตได้จากตัวยางด้านใน

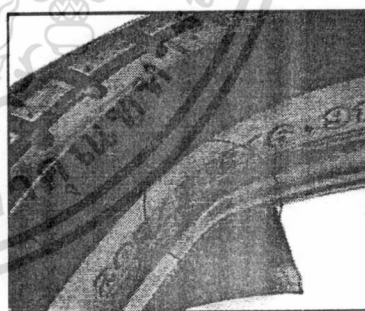
ปัญหาที่เกิดบริเวณขอบยาง (Bead Problems) เป็นปัญหาที่พบบนขอบยางแสดงให้เห็นถึงความเสียหายที่มาจากขอบยางกับขอบล้อ โดยที่รอบๆขอบยางจะมีการเสีรูรูป โดยพื้นที่ที่เกิดความเสียหายนี้เกิดขึ้นจากการที่ยางถูกติดตั้งและประกอบยางที่ไม่สมบูรณ์หรือติดตั้งด้วยความไม่ระมัดระวัง โดยตำแหน่งของขอบยางกับขอบล้อรถไม่ตรงกัน หรืออาจเกิดขึ้นได้จากการติดตั้งและประกอบยางที่มีความไม่สะอาดหรือไม่ตรงกัน เมื่อยางอยู่ในระดับที่สูงมากเกินไปหรือต่ำกว่าที่สูงจากขอบล้อจะทำให้เกิดการงอหรือบิดเบี้ยว และอาจเกิดจากการจัดเก็บยางไม่ถูกวิธี



(ก)



(ข)



(ค)

รูปที่ 2.6 (ก) รอยแตกที่ขอบยาง (ข) ความเสียหายด้านขอบยาง (ค) ความเสียหายจากวงล้อรถยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 วิธีการตรวจวัดความลึกของร่องยางรถยนต์

วิธีการตรวจสอบความลึกของร่องยางรถยนต์หลายวิธีเช่น วิธีการวัดด้วยเครื่องมือวัดความลึกของยางรถยนต์ (Tire Depth Gauge) วิธีการตรวจสอบด้วยตัวบ่งชี้ความลึกของร่องยาง (Tread wear Indicator) และวิธีการตรวจวัดด้วยระบบคอมพิวเตอร์วิชั่น เป็นต้น ทั้งนี้วิธีการตรวจวัดที่ใช้ในการกระบวนตรวจสอบแบบไม่ต่อเนื่องมี 2 วิธีได้แก่การวัดด้วยเครื่องมือวัดความลึกของยางรถยนต์และวิธีการตรวจสอบด้วยตัวบ่งชี้ความลึกของร่องยาง ซึ่งวิธีการวัดด้วยเครื่องมือวัดความลึกของยางรถยนต์จะมีข้อจำกัดอยู่ว่าสามารถทำการวัดได้ที่ละจุดบนร่องยางซึ่งเป็นการสูญเสียเวลาถ้าจะทำการวัดร่องยางทั้งหมดบนตัวยางรถยนต์ ส่วนวิธีการตรวจสอบด้วยตัวบ่งชี้ความลึกของร่องยางมีข้อเสียคือเป็นการคาดคะเนจากตัวบ่งชี้ซึ่งเป็นค่าที่ไม่สังเกตได้ยากมีความแน่นอนสูง

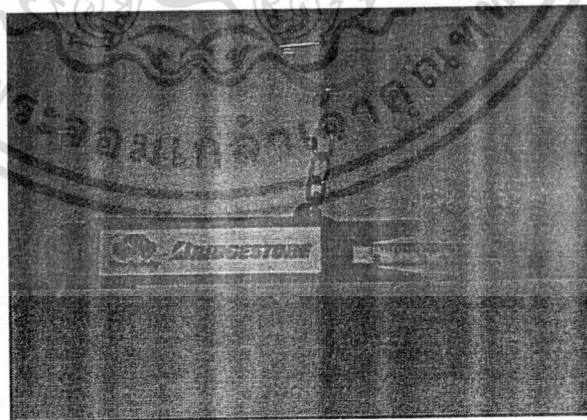
ดังนั้นจึงได้มีการคิดและออกแบบวิธีการตรวจสอบด้วยระบบแมชชีนวิชั่นขึ้น ซึ่งเป็นเป็นวิธีที่น่าสนใจเนื่องจากมีความสามารถในการตรวจวัดความลึกของร่องยางจากกล้องซึ่งมีความสะดวกในการติดตั้ง และใช้งาน นอกจากนี้ยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมยางรถยนต์ได้

2.2.1 วิธีการวัดด้วยเครื่องมือวัดความลึกของยางรถยนต์ (Tire Depth Gauge)

อุปกรณ์ตรวจวัดความลึกของยางด้วยเกจเป็นวิธีที่ง่ายและสะดวกในการใช้งาน โดยจะมีขีดของสเกลบ่งบอกถึงความลึกของร่องยางซึ่งมีหน่วยเป็น มิลลิเมตร นิ้ว พีเอสไอ เป็นต้น ซึ่งการใช้งานเพียงกดปลายหัววัดลงบนพื้นที่ของร่องยางจนสนิทกับเดือยของเกจวัด แล้วอ่านสเกลความลึกได้จากตัวเลขที่เกจจะสามารถทราบค่าความลึกของร่องยางได้



(ก)



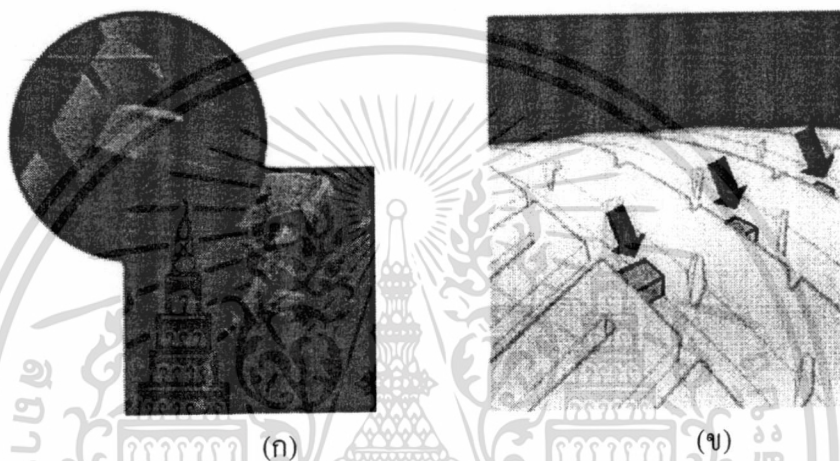
(ข)

รูปที่ 2.7 (ก) และ (ข) เครื่องมือวัดความลึกของยางรถยนต์ (Tire Depth Gauge)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 วิธีการตรวจสอบด้วยตัวบ่งชี้ความสึกของร่องยาง (Tread wear Indicator)

ตัวบ่งชี้ความสึกของร่องยาง (Tread wear Indicator) จะสามารถดูได้จากร่องยางรถยนต์โดยทางด้านอุตสาหกรรมยางรถยนต์ทุกยี่ห้อได้กำหนดค่าความสูงมาตรฐานของตัวบ่งชี้ (Tread wear Indicator) ไว้ที่ความสูง 1.6 มิลลิเมตรจากร่องยาง ดังนั้นเมื่อยางหมดสภาพความสึกของร่องยางจะมีค่าต่ำกว่าหรือเท่ากับเกณฑ์มาตรฐานที่ได้กำหนด จะแสดงให้เห็นว่ายางรถยนต์มีการเสื่อมสภาพไม่พร้อมที่จะใช้งานอีกต่อไปซึ่งในยุโรปก็ได้มีข้อกำหนดระบุไว้เช่นกันว่าเมื่อความสึกของร่องยางต่ำกว่า 1.6 มิลลิเมตรควรจะต้องเปลี่ยนยางรถยนต์



รูปที่ 2.8 (ก) และ (ข) สะพานยางหรือตัวบ่งชี้ความสึกของร่องยาง (Tread wear Indicator)

จากข้อมูลที่ได้กล่าวมาแล้วว่าความสึกของร่องยางรถยนต์นั้นบ่งบอกถึงความสามารถในการยึดเกาะถนนและช่วยในการรีดน้ำในขณะที่กำลังขับซึ่งถ้าหากหน้ายางมีการเสื่อมอาจก่อให้เกิดอุบัติเหตุบนท้องถนนได้ ดังนั้นจึงต้องมาการตรวจสอบสภาพและคุณภาพของยางรถยนต์ก่อนนำมาใช้งาน

2.3 การประมวลผลภาพดิจิทัล

เปรียบเทียบระหว่างกระบวนการมองเห็นของมนุษย์กับกระบวนการการมองเห็นของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในปัจจุบันเช่น กล้องถ่ายภาพดิจิทัล กล้องถ่ายวิดีโอ หรือสแกนเนอร์ อุปกรณ์เหล่านี้มีหน้าที่ในการรับภาพแล้วแปลงข้อมูลภาพเข้านั้นให้เป็นสัญญาณทางไฟฟ้า ซึ่งในกระบวนการการประมวลผลภาพที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมนั้นนิยมใช้กล้องถ่ายภาพที่มีความคมชัดสูงเป็นอุปกรณ์รับภาพเข้าสู่เครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อจะทำให้ได้ภาพที่คุณภาพเหมาะสมเข้าสู่กระบวนการการประมวลผลต่อไป

การประมวลผลภาพดิจิทัล (Image processing) เป็นการประมวลผลสัญญาณแบบ 2 มิติ โดยประมวลผลจาก ภาพนิ่ง (ภาพถ่าย) หรือภาพวิดีโอ (วิดีโอ) และ ยังรวมถึงสัญญาณ 2 มิติอื่น ๆ ที่ไม่ใช่ภาพด้วย แนวความคิดและเทคนิค ในการประมวลผลสัญญาณ สำหรับสัญญาณ 1 มิติ นั้น สามารถปรับมาใช้กับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพได้ไม่ยาก แต่นอกเหนือจาก เทคนิคจากการประมวลผลสัญญาณแล้ว การประมวลผลภาพก็มีเทคนิคและแนวความคิดที่เฉพาะ เช่น connectivity และ rotation invariance ซึ่งจะมีความหมายกับสัญญาณ 2 มิติเท่านั้น แต่อย่างไรก็ตามเทคนิคบางอย่าง จากการประมวลผลสัญญาณใน 1 มิติ จะค่อนข้างซับซ้อนเมื่อนำมาใช้กับ 2 มิติ

เมื่อหลายสิบปีมาแล้ว การประมวลผลภาพนั้น จะอยู่ในรูปของการประมวลผลสัญญาณ Analog โดยใช้อุปกรณ์ปรับแต่งแสง (optics) ซึ่งวิธีเหล่านั้นก็ไม่ได้หายสาบสูญ หรือเลิกใช้ไป ยังมีใช้เป็นส่วนสำคัญสำหรับการประยุกต์ใช้งานบางอย่าง เช่น Holography แต่เนื่องจากอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ในปัจจุบัน ราคาถูกลง และสามารถประมวลผลได้เร็วขึ้นมาก การประมวลผลภาพดิจิทัล (digital image processing) จึงได้รับความนิยมมากกว่า เพราะการประมวลผลที่ทำได้ซับซ้อนขึ้น แม่นยำ และง่ายในการลงมือปฏิบัติซึ่งมีรูปแบบของสัญญาณ อยู่ 2 ประเภทคือ

- Digital มีสัญญาณชัดเจน และแน่นอน มีการส่งผ่านสัญญาณที่ดี
- Analog ส่วนมากจะใช้ในการปรับแต่งสัญญาณ

ข้อดี ของ Digital image processing

เป็นการใช้กล้องในการวัดและรับข้อมูล การทำงานจะเน้นในด้านการทดสอบเป็นหลัก ค่าที่ได้จะนำมาประมวลผลและใช้ในการควบคุมต่อไป มีข้อดีดังนี้

- ไม่มีการสัมผัสกับวัตถุ
- ไม่ต้องทำลายวัตถุ

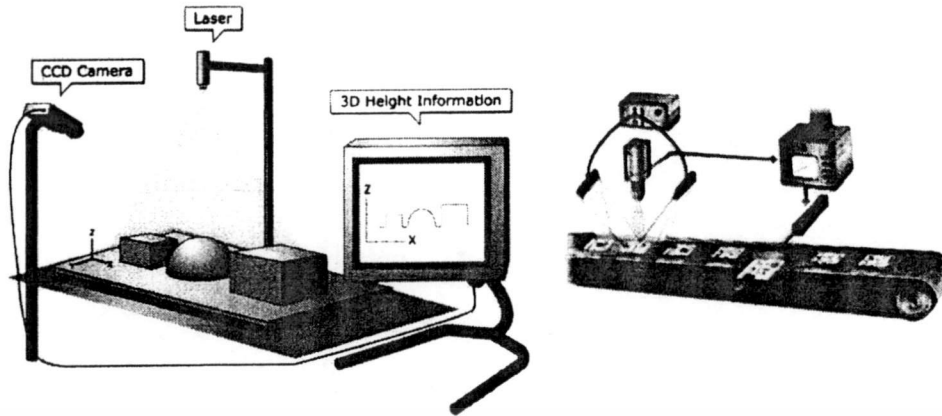
ข้อเสีย ของ Digital image processing

- มีความไวต่อสภาพแวดล้อม คือ แสง ใอน้ำ หรือ สิ่งรบกวนต่างๆ ภายในระบบ

2.3.1 ประเภทของการประมวลผลภาพดิจิทัล

2.3.1.1 Machine vision

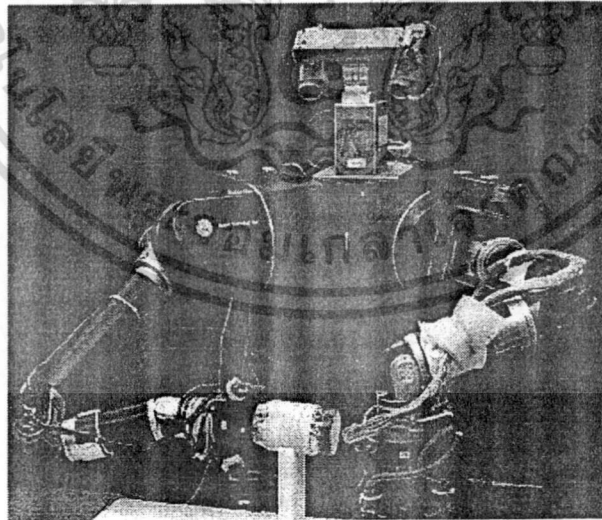
เป็นกระบวนการที่ทำให้อุปกรณ์ประมวลผลต่างๆ เช่น คอมพิวเตอร์ หรืออุปกรณ์ประมวลผลสัญญาณดิจิทัล (Digital Signal Processor, DSP) มีความสามารถในการรับรู้ภาพ ซึ่งรวมทั้งการทำให้อุปกรณ์ประมวลผลนั้นๆ สามารถตัดสินใจและสั่งงานกลไกในส่วนต่างๆ ได้ จากข้อมูลที่ได้จากภาพหรือกลุ่มของภาพนั้นๆ จุดมุ่งหมายสูงสุดของ Machine Vision คือทำให้เครื่องจักรหรืออุปกรณ์ ประมวลผลต่างๆ มีความสามารถเทียบเท่ากับการมองเห็นของมนุษย์



รูปที่ 2.9 การประยุกต์ลำแสงเลเซอร์กับแมชชีนวิชั่นแบบตัดขวางบนสายพาน

2.3.1.2 Robot vision

เป็นการทำงานของหุ่นยนต์รวมกับการประมวลผลจากภาพรับโดยการถ่ายภาพวัตถุจากกล้อง หลังจากนั้นนำภาพมาประมวลผลเพื่อหาศูนย์กลางของวัตถุ ให้ได้ตำแหน่งของวัตถุ เพื่อนำพิกัดตำแหน่งที่ได้มาคำนวณด้วยสมการทางคณิตศาสตร์ของหุ่นยนต์ เพื่อหุ่นยนต์จะได้ขับเคลื่อนไปยังตำแหน่งนั้นได้ถูกต้อง Robot vision เป็นเทคโนโลยีที่ทันสมัย และมีประโยชน์มากในปัจจุบัน มักถูกใช้ในกระบวนการผลิตของอุตสาหกรรม เพราะการทำงานมีความแม่นยำสูง งานที่ได้มีคุณภาพ มีความปลอดภัยในการดำเนินการ Robot vision มักถูกใช้ในการหยิบจับวัตถุในสายการผลิต เป็นต้น



รูปที่ 2.10 Robot vision ในการจับวัตถุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.1.3 Computer Vision

คือการประมวลผลภาพ เพื่อให้คอมพิวเตอร์สามารถเข้าใจทัศนียภาพ หรือ แยกแยะวัตถุต่างๆ ได้ **Computer Vision** ใช้ในการแยกวัตถุจากรูปทรงของตัววัตถุเอง ตรวจสอบความเคลื่อนไหว ความเร็วของวัตถุต่างๆ วิเคราะห์ลักษณะเฉพาะของวัตถุต่างๆ เช่น การรู้จำใบหน้า การค้นหาใบหน้าทีใกล้เคียง วิเคราะห์ลักษณะของใบหน้า หน้ายิ้ม หน้าโกรธ วิเคราะห์ลายมือ ใช้ในการ Contents เช่น OCR เช่นเอาไปใช้กับ 2D Barcode โดยการเอากล้องของโทรศัพท์ ส่งไปยังบริเวณที่มี 2D Barcode โปรแกรมสามารถวิเคราะห์ได้ว่า ส่วนใดคือ 2D Barcode และสามารถดึงข้อมูลใน barcode ออกมาใช้งานได้ หรือในงานจราจร การวิเคราะห์หมายเลขทะเบียนรถ ที่ฝ่าไฟแดง ใช้ในการติดตามการเคลื่อนไหวของวัตถุต่างๆ เช่นรถวิ่ง วิ่งแล้วไปซ้ายหรือขวา การนับจำนวนรถ วิเคราะห์ความเร็ว การติดตามการเคลื่อนไหวจากท่าทาง เช่นการแปลความหมายจากภาษามือ เป็นต้น



รูปที่ 2.11 Computer Vision กับ บาร์ โกวด์และQR code

2.3.2 ขั้นตอนการประมวลผลภาพดิจิทัล

ขั้นตอนการประมวลผลภาพจะประกอบไปด้วย 3 ส่วน ได้แก่

- ขั้นตอนการนำข้อมูลภาพเข้าสู่เครื่องคอมพิวเตอร์
- ขั้นตอนการนำคอมพิวเตอร์มาพัฒนาอัลกอริทึมเพื่อประมวลผลภาพ
- ขั้นตอนการแสดงผลภาพ

ขั้นตอนการนำภาพเข้าสู่เครื่องคอมพิวเตอร์เป็นการแปลงสัญญาณภาพทั่วไปเป็น สัญญาณอนาลอก และทำการแปลงให้สัญญาณดิจิทัลต่อไป ทำให้เครื่องคอมพิวเตอร์สามารถประมวลผลได้ โดยการนำภาพที่ได้รับจากกล้องซึ่งทำการเชื่อมต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์อยู่ แล้วทำการแปลงเป็นสัญญาณดิจิทัล เพื่อทำการบันทึกในมาตรฐานไฟล์รูปภาพแบบใดแบบหนึ่งซึ่งจะกล่าวถึงในหัวข้อต่อไป หลังจากได้รับรูปภาพจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระบวนการการรับรูปภาพมาแล้ว ต่อไปจะเป็น กระบวนการประมวลผลโดยการเขียนโปรแกรมระดับสูง เช่น C# หรือ C++ กระบวนการก่อนการประมวลผลภาพมีดังต่อไปนี้

- การปรับปรุงข้อมูลของภาพ
- การกำจัดสัญญาณรบกวน
- การปรับปรุงคุณสมบัติของการมองเห็น

2.3.3 องค์ประกอบของกระบวนการ ประมวลผลภาพดิจิทัล

2.3.3.1 การจัดสภาพแวดล้อม

เป็นส่วนที่ช่วยลดความซับซ้อนในการประมวลผล อันเนื่องมาจากความสามารถในการมองเห็นและรับรู้ของอุปกรณ์ประมวลผลที่มีอยู่อย่างจำกัด และไม่เทียบเท่ากับความสามารถของมนุษย์ ซึ่งเป็นส่วนที่คอยลดความยุ่งยากจากการประมวลผล สามารถทำได้หลายวิธีดังนี้

การจัดการการวางตัวของชิ้นงาน ในสภาพแวดล้อมในโรงงานอุตสาหกรรม ชิ้นงานแต่ละชิ้นที่จะถูกป้อนให้กับระบบตรวจสอบนั้น จะต้องถูกจัดให้วางตัวในทิศทางเดียวกัน ซึ่งหากไม่มีการจัดการเกี่ยวกับการวางตัวของชิ้นงานเหล่านี้แล้ว อุปกรณ์ประมวลผลจะต้องหาทิศทางของชิ้นงานแต่ละชิ้นเอง ก่อนที่จะเริ่มทำการตรวจสอบชิ้นงานจริงๆ นอกจากนี้ ประเภทของผลิตภัณฑ์ที่ให้ระบบอัตโนมัติทำการตรวจสอบนั้นจะต้องถูกจำกัดด้วยเช่นกัน

ระยะระหว่างกล้องหรือเลนส์ถึงวัตถุ และทิศทางของกล้อง ตัวแปรเหล่านี้เป็นตัวกำหนดขนาดของชิ้นงานที่ระบบอัตโนมัติมองเห็น เช่น หากระยะดังกล่าวสั้นลงแล้ว ชิ้นงานที่ระบบอัตโนมัติมองเห็น ก็จะมีขนาดใหญ่ ดังนั้น สำหรับระบบตรวจสอบชิ้นงานด้วยภาพแบบอัตโนมัติโดยทั่วไปแล้ว ตัวแปรเหล่านี้จะต้องถูกกำหนดไว้ตายตัว มิฉะนั้นแล้ว การวัดขนาดของชิ้นส่วนต่างๆ ซึ่งจัดเป็นการตรวจสอบพื้นฐานของการตรวจสอบชิ้นงานก่อนจะทำการตรวจสอบในหัวข้ออื่นๆ ก็จะผิดเพี้ยนไป

การจัดการเรื่องแสง แสงเป็นองค์ประกอบสำคัญมาก เนื่องจากการมองเห็นภาพของระบบอัตโนมัติ นั้น เกิดจากการที่มีแสงมาตกกระทบวัตถุ แล้วสะท้อนผ่านเลนส์มาเข้าตัวเซ็นเซอร์รับภาพของกล้องที่ใช้กับระบบอัตโนมัติ ซึ่งการจัดการเกี่ยวกับแสงนั้น จำเป็นจะต้องพิจารณาทั้งเรื่องการใช้แหล่งกำเนิดแสง การกระเจิงของแสง และคุณสมบัติอื่นๆ

ลักษณะของแสง Passive vision พบในการถ่ายรูปทั่วไปเป็นพวก แสงธรรมชาติ รูปทรงเลขต่างๆ Active vision ต้องมีแหล่งกำเนิดแสง ทำให้สามารถจับภาพได้ โดยมีตัวลำแสงเป็นตัวดำเนินการสำคัญ เช่น ใช้ลำแสงเลเซอร์ สำหรับวัดรูปร่างในแบบ 2 หรือ 3 มิติวัดขนาด diameter โดย อาศัยตัวลำแสงไม่ได้วัดจากภาพโดยตรง

2.3.4 ภาพที่อุปกรณ์ประมวลผลมองเห็น

หลักการการทำงานของกล้องก็เป็นเช่นเดียวกับระบบการมองเห็นของมนุษย์นั่นคือ ภาพเกิดจากการที่มีแสงตกกระทบวัตถุแล้วมีแสงสะท้อนจากวัตถุ ผ่านเลนส์เข้ามาตกกระทบเซ็นเซอร์รับภาพ (Image sensor) ของกล้อง ซึ่งประกอบด้วยเซลล์รับภาพ (pixel) จำนวนมาก เซลล์รับภาพแต่ละเซลล์จะทำหน้าที่แปลงความเข้มแสงสำหรับกรณีที่เป็นกล้องขาวดำหรือแปลงความเข้มสีของแสงสีแดง, เขียวและน้ำเงินสำหรับกรณีของกล้องที่ใช้ถ่ายภาพสี ให้อยู่ในรูปของค่าสัญญาณแรงดันไฟฟ้า ซึ่งจะถูกแปลงไปเป็นสัญญาณดิจิทัลด้วยตัวแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิทัลอีกทีหนึ่ง อย่างไรก็ตาม การทำงานของเซลล์รับภาพของกล้องจะแตกต่างจากเซลล์รับภาพของมนุษย์อยู่ 2 ประการด้วยกัน คือ

- จำนวนเซลล์รับภาพที่ประกอบกันขึ้นมาเป็นเซ็นเซอร์รับภาพของกล้องนั้น มีจำนวนน้อยกว่าของมนุษย์เป็นอย่างมาก ทำให้ภาพที่ได้จากกล้องนั้นมีความละเอียดน้อยกว่าของมนุษย์เป็นอย่างมาก ภาพที่ได้จากกล้องจึงเกิดการสุ่มจับภาพจริงด้วยจำนวนที่จำกัดของเซลล์รับภาพ (Spatial sampling) นั่นเอง

- ค่าความเข้มแสงที่ได้จากเซลล์รับภาพ (หรือความเข้มสีในกรณีของกล้องถ่ายภาพสี) ของ เซ็นเซอร์รับภาพที่อยู่ในกล้องนั้น จะเป็นค่าไม่ต่อเนื่อง (Discrete value) เนื่องจากเป็น การทำงานของอุปกรณ์ดิจิทัล ซึ่งจะเป็นการสุ่มขนาดของความเข้มแสงที่ตกกระทบ (Amplitude sampling) ไม่เหมือนกับของมนุษย์ที่มีความต่อเนื่อง เนื่องจากการทำงานของสารเคมีที่อยู่ในเซลล์รับภาพ

2.3.5 การดึงข้อมูลภาพ

เป็นกระบวนการที่เริ่มตั้งแต่การถ่ายภาพโดยกล้อง ตลอดจนการดึงภาพที่เป็นข้อมูลอยู่ในกล้องเข้ามาสู่คอมพิวเตอร์ หรืออุปกรณ์ประมวลผล เพื่อที่จะประมวลผลและตัดสินใจสั่งงานจากผลที่ได้ต่อไป โดยมีรายละเอียดที่สำคัญที่ต้องสนใจดังนี้

2.3.5.1 ประเภทของกล้องที่ใช้ในการตรวจสอบชิ้นงานในอุตสาหกรรม

กล้องที่ใช้กับงานตรวจสอบชิ้นส่วนส่วนใหญ่จะเป็นกล้องดิจิทัล ซึ่งใช้อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่เรียกกันว่า เซ็นเซอร์รับภาพ (Image sensor) เพื่อใช้ในการรับภาพ เซ็นเซอร์ดังกล่าวมีขนาดเล็กมากเท่าเล็บมือคนเท่านั้น ซึ่งจะประกอบด้วยไดโอดที่มีความไวต่อแสงเรียงตัวกันอยู่เป็นจำนวนมาก และในทันทีที่ไดโอดที่แสงมีการตกกระทบไดโอดเหล่านี้ ไดโอดแต่ละตัวจะทำการจดจำความเข้มแสงหรือความสว่างของแสงที่ตกกระทบไดโอดแต่ละตัวไว้ โดยปริมาณประจุไฟฟ้าที่สะสมอยู่ในตัวไดโอดซึ่งแปรผันกับแรงดันตกคร่อมตัวไดโอดนั้น จะเพิ่มขึ้นตามความเข้มของแสงที่ตกกระทบ ซึ่งความเข้มแสงที่ได้จดจำไว้ในไดโอดแต่ละตัว จะถูกแปลงให้อยู่ในรูปข้อมูลที่เป็นดิจิทัลและเก็บไว้ในหน่วยความจำที่อยู่ในตัวกล้อง เพื่อรอส่งต่อให้อุปกรณ์ที่อยู่ภายนอกกล้องต่อไป

ไดโอดนี้ เรียกว่า เซลล์รับภาพ (Pixel) ซึ่งหนึ่งเซลล์รับภาพจะให้ค่าความเข้มแสงที่ตกกระทบเพียงค่าหนึ่งเท่านั้น โดยทั่วไปค่าที่ได้จากเซลล์รับภาพจะมีค่าระหว่าง 0-255 เท่านั้น โดยหากค่าที่ได้มีค่าเท่ากับ 0 แสดงว่าที่เซลล์รับภาพนั้น มีความเข้มแสงต่ำสุดหรือเป็นดำมืดและหากมีค่าเท่ากับ 255 ก็แสดงว่าที่เซลล์รับภาพที่ตำแหน่งนั้นมีความเข้มแสงสูงสุดหรือเป็นดำสว่าง

ประเภทของกล้องที่ใช้ในการตรวจสอบชิ้นงานแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ

- **กล้องประเภท Area scan**

ในงานตรวจสอบชิ้นส่วนด้วยภาพแบบอัตโนมัติส่วนใหญ่ จะใช้กล้องประเภท Area scan ซึ่งกล้องประเภท Area scan นั้น ที่เซลล์รับภาพมีการเรียงตัวกันอยู่ในพื้นที่ที่เป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ซึ่งเซลล์แต่ละเซลล์ จะทำการหน้าที่แปลงค่าความเข้มแสงหรือความเข้มสี ให้ออกมาเป็นค่าตัวเลขในเวลาพร้อมๆกัน และถึงแม้ว่ากล้องชนิดนี้จะให้ภาพที่มีความละเอียดน้อยกว่าของกล้องประเภท Line scan เป็นอย่างมาก แต่กล้องประเภทนี้สามารถนำไปใช้ได้สะดวกง่ายดาย โดยไม่จำเป็นต้อง ออกแบบให้มีการเคลื่อนไหวสัมพัทธ์ระหว่างตัวกล้องกับชิ้นงาน จึงทำให้กล้องชนิดนี้เป็นที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวางในปัจจุบัน

- **กล้องประเภท Line scan**

กล้องประเภท Line scan นั้นเซลล์รับภาพสำหรับรับความเข้มแสง (สำหรับกล้องที่ให้ภาพออกมาเป็น gray scale) หรือความเข้มสี (ในกรณีที่เป็นกล้องที่ใช้ถ่ายภาพสี) จะมีการเรียงตัวเป็นแถวยาว ที่อาจจะมีจำนวนมากถึง 12000 เซลล์ ทำให้การที่จะสามารถจับภาพของทั้งวัตถุได้ กล้องจะต้องมีการเคลื่อนที่สัมพัทธ์กับวัตถุ ซึ่งโดยทั่วไปแล้ว จะออกแบบให้กล้องตั้งอยู่กับที่ และตัววัตถุถูกเลื่อนไปโดยการไ้ระบบสายพาน (Conveyer) ข้อดีของกล้องประเภทนี้คือ จะให้ความละเอียดของภาพสูงมาก

2.3.6 วิธีการดึงข้อมูลภาพภายใต้ระบบปฏิบัติการวินโดวส์

สำหรับวิธีการดึงข้อมูลจากกล้องเข้ามาสู่เครื่องคอมพิวเตอร์ หรืออีกนัยหนึ่งคือ การดึงค่าข้อมูลจากกล้องเข้ามาสู่โปรแกรมนั้น โดยทั่วไปนั้นมีอยู่ด้วยกัน 3 วิธีด้วยกัน

- **การดึงข้อมูลโดยการใช้เครื่องมือในการโปรแกรม (Programming tool)** โดยมากแล้ว สำหรับกล้องที่มีความละเอียดสูง (hi-resolution camera) ผู้ผลิตหรือผู้จัดจำหน่ายนั้นอยากให้ผู้ใช้นำกล้อง ไปใช้งานอยู่แล้ว ดังนั้น หลังจากซื้อกล้องแล้ว ผู้ผลิตมักจะแถมเครื่องมือในการโปรแกรม เพื่อใช้ดึงข้อมูลภาพออกจากตัวกล้องมาสู่ตัวโปรแกรมหลักเสมอ โดยทั่วไป เครื่องมือดังกล่าวจะมีอยู่ 2 รูปแบบ คือ dll และ activeX นอกจากนี้ ผู้ผลิตยังอาจจะให้ตัวโปรแกรมอย่างง่ายมาให้ด้วย ซึ่งก่อนที่จะซื้อกล้องชนิดนั้นๆ โปรแกรมเมอร์จะต้องทำการพิจารณาเสียก่อนว่า ตัวแปลภาษา (Compiler) ที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมอยู่นั้น รองรับการทำงานของเครื่องมือที่ผู้ผลิตให้มาหรือไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การดึงข้อมูลโดยการใช้เครื่องมือในการโปรแกรมของระบบปฏิบัติการวินโดวส์ ตัวอย่าง เช่น Video for Window (VFW) หรือ DirectShow สำหรับ Video for Window (VFW) นั้นเป็นเครื่องมือที่ใช้การดึงข้อมูลภาพจากกล้อง และสามารถใช้อ่านไฟล์วีดิโอประเภท AVI (Audio Video Interleave) ได้อีกด้วย เครื่องมือดังกล่าวเป็นเครื่องมือในการโปรแกรมที่มีมาให้พร้อมแล้ว ตั้งแต่ระบบปฏิบัติการวินโดวส์ 3.1 ซึ่งฟังก์ชันการทำงานของเครื่องมือในการโปรแกรมชนิดนี้ ถูกฝังอยู่ในไลบรารี 2 ตัวด้วยกัน คือ msvfw32.dll และ avicap32.dll และถึงแม้ว่าในปัจจุบัน จะมีเครื่องมือในการโปรแกรมสำหรับดึงข้อมูลภาพจากกล้องมาสู่โปรแกรมตัวใหม่ของระบบปฏิบัติการวินโดวส์ คือ DirectShow มาแทนที่ แต่ระบบปฏิบัติการวินโดวส์รุ่นต่างๆ ส่วนใหญ่ก็ยังสนับสนุนการทำงานของ VFW อยู่

2.3.7 วิธีในการประมวลผลภาพ

การประมวลผลภาพมีด้วยกันหลากหลายกระบวนการด้วยกัน กระบวนการเหล่านี้เป็นความรู้ที่สามารถพบได้ทั่วไปในสาขาเรื่อง การประมวลผลภาพดิจิทัล (Digital image processing) ซึ่งจะพบว่าในสาขาวิชานี้มีความรู้เกี่ยวกับการประมวลผลภาพอยู่มากมายที่นำประยุกต์ใช้กับงานตรวจสอบชิ้นส่วนด้วยภาพแบบอัตโนมัติ เช่น

- การลดทอนสัญญาณรบกวนที่ปรากฏขึ้นในภาพ
- การตรวจจับขอบของวัตถุที่อยู่ในภาพ
- การแปลงคุณสมบัติทางกายภาพของภาพ เช่น การหมุน การเลื่อน การย่อและขยายภาพ
- การแปลงสี (color space conversion)
- การวิเคราะห์ภาพในเชิงความถี่
- การบีบอัดข้อมูลภาพ

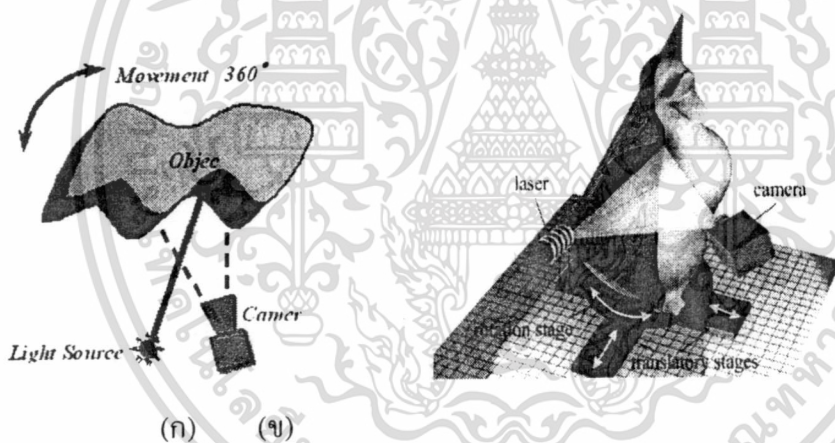
ซึ่งจะพบว่า ระเบียบวิธี (Algorithm) ของวิธีประมวลผลภาพบางอย่างก็ไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้กับงานตรวจวัดความลึกหรือของขารถยนต์เนื่องจากการนำไปใช้ในทางอุตสาหกรรมที่ต้องการการทำงานที่รวดเร็วที่สุด ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องเลือกใช้ระเบียบวิธีเฉพาะที่ง่าย และใช้เวลาในการทำงานน้อยที่สุด ซึ่งเงื่อนไขเหล่านี้จะสามารถเป็นจริงได้ ก็ด้วยการจัดสภาพแวดล้อมในการจับภาพที่ดี นอกจากนั้นแล้ว ความรู้เกี่ยวกับผลิตภัณฑ์นั้นซึ่งมีอยู่แล้วในผู้ปฏิบัติงาน ก็ควรนำมาใช้เพื่อช่วยให้ระบบสามารถทำงานให้ได้เร็วที่สุดด้วยเช่นกัน

2.4 รูปแบบการสแกนวัตถุ (Scanning Patterns)

การสแกนวัตถุเป็นรูปแบบในการเก็บข้อมูลสามมิติของวัตถุต่างๆ ซึ่งส่วนใหญ่สามารถแบ่งลักษณะของการสแกนวัตถุได้เป็น 3 แบบ คือ การสแกนโดยการหมุนวัตถุ (360°) การสแกนโดยการหมุนทำมุมของแสงหรืออุปกรณ์จับภาพ และการสแกนโดยการเคลื่อนที่ของวัตถุ

2.4.1 การสแกนโดยการหมุนวัตถุ

วิธีการสแกนโดยการหมุนวัตถุจะทำการวางวัตถุที่ต้องการเก็บข้อมูลระยะทางลงบนแท่นหมุน โดยทำการหมุนวัตถุเพื่อเก็บข้อมูลระยะทางของวัตถุทั้ง 360° ลักษณะการสแกนโดยการหมุนวัตถุส่วนใหญ่จะใช้ร่วมกับหลักการเก็บข้อมูลระยะทางด้วยหลักการสามเหลี่ยมแบบแอ็คทิฟด้วยลำแสงแบบเส้น (Light Stripe Triangulation) เมื่อทำการฉายแสงลงไปบนวัตถุแล้วทำการเก็บข้อมูลโดยกล้องวิดีโอ ก็จะสามารณำมาคำนวณหาข้อมูลระยะทางของวัตถุตัวอย่างได้ ถ้าทำการหมุนวัตถุเคลื่อนที่ไปเป็นมุมต่างๆก็จะทำให้ได้ข้อมูลระยะทางในมุมอื่นๆของวัตถุ หากทำการหมุนไปเรื่อยๆจนครบ 360° ก็จะทำให้ได้ข้อมูลระยะทางของวัตถุครบทุกๆส่วนของวัตถุ ดังนั้นการสแกนด้วยการหมุนวัตถุนี้จะทำให้ได้ข้อมูลระยะทางของวัตถุครบทั้ง 360° จึงนิยมนำไปใช้ในการสร้างแบบจำลอง 3 มิติของวัตถุ



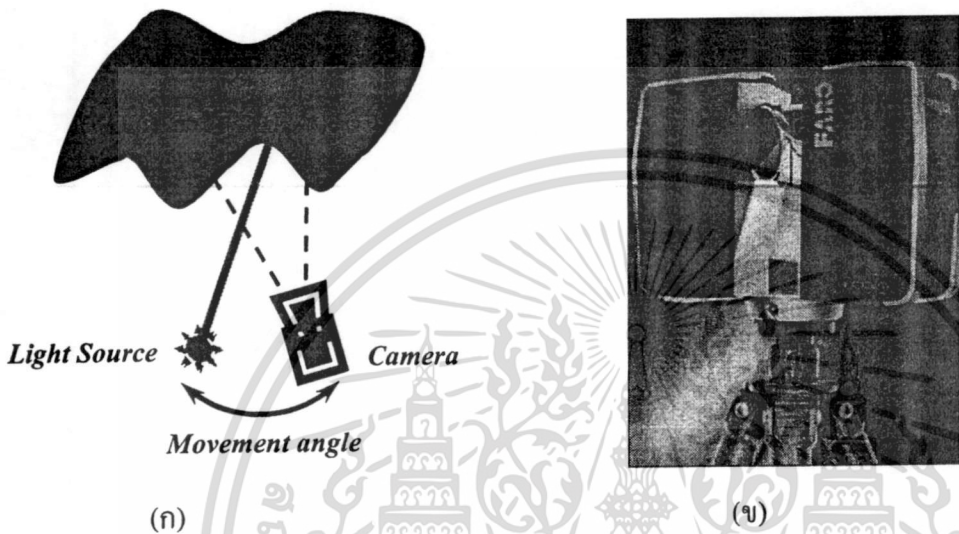
รูปที่ 2.12 (ก) และ (ข) เป็นรูปแบบการสแกนวัตถุโดยการหมุนวัตถุ

2.4.2 การสแกนโดยการหมุนทำมุมของแสงหรืออุปกรณ์จับภาพ

การสแกนโดยการหมุนทำมุมของแสงหรืออุปกรณ์จับภาพจะกำหนดให้วัตถุที่ต้องการเก็บข้อมูลระยะทางวางอยู่กับที่ ส่วนที่เคลื่อนที่จะเป็นส่วนของแหล่งกำเนิดแสงเพียงอย่างเดียว ซึ่งในกรณีนี้จะใช้ร่วมกับหลักการเกี่ยวกับเวลาที่สูญเสียไปโดยการใช้แสง (LIDAR : Light Detection And Ranging) หรือส่วนเคลื่อนที่จะเป็นส่วนของแหล่งกำเนิดแสงและอุปกรณ์ตรวจจับภาพ ในกรณีนี้จะใช้ร่วมกับการเก็บข้อมูลระยะทางด้วยหลักการสามเหลี่ยมแอ็คทิฟโดยการใช้แสงแบบจุด (Light Spot Triangulation) อุปกรณ์ที่นิยม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้ในการควบคุมการหมุนหรือเปลี่ยนมุมของแสงคือ MEMS (Micro Electro Mechanical System) ซึ่งเป็นอุปกรณ์นี้ประกอบด้วยกระจกขนาดเล็กและส่วนควบคุมการเอียงของกระจก การสแกนโดยการหมุนทำมุมของแสงหรืออุปกรณ์จับภาพจะนิยมใช้ในงานการสร้างแผนที่สามมิติ หรือการเก็บข้อมูลของวัตถุขนาดเล็ก เพราะจะใช้เวลาในการสแกนมาก

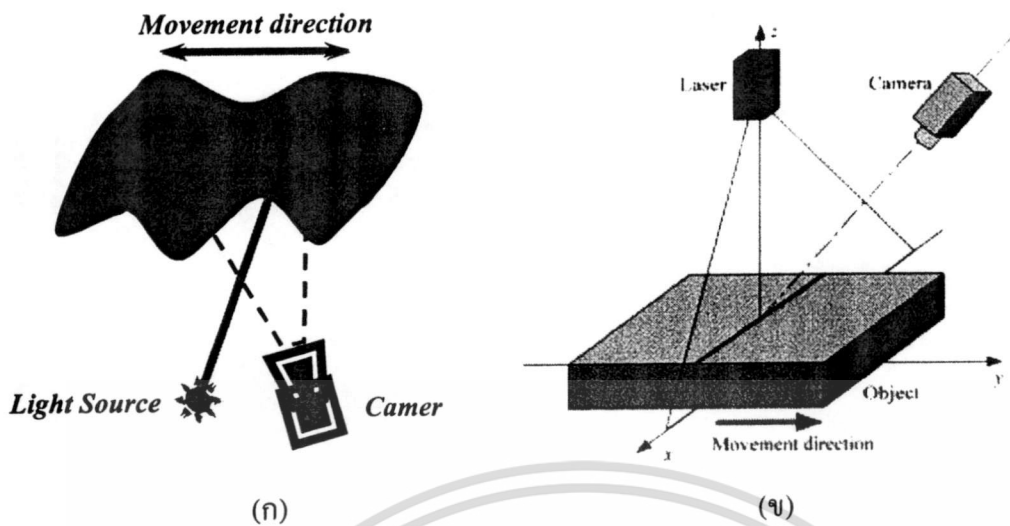


รูปที่ 2.13 รูปแบบการสแกนวัตถุโดยการหมุนทำมุมของแสงหรืออุปกรณ์จับภาพ

2.4.3 การสแกนโดยการเคลื่อนที่ของวัตถุ

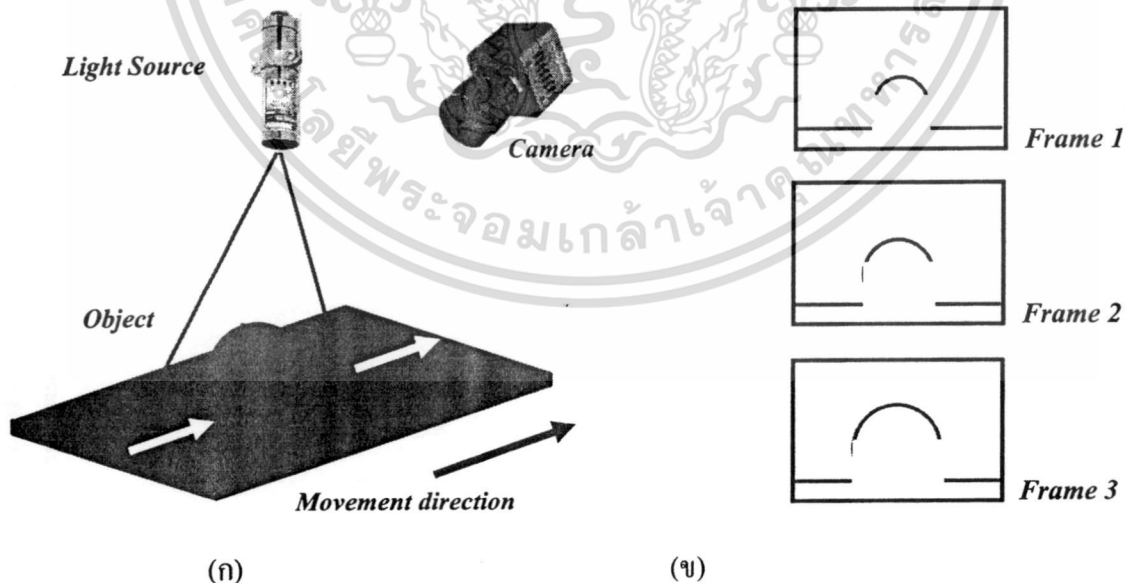
การสแกนโดยการเคลื่อนที่ของวัตถุหรือเรียกว่า การสแกนโดยใช้แสงแบ่งส่วนของวัตถุ (Light Sectioning) เป็นเทคนิคการวัดรูปทรงแบบตัดขวางที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในขบวนการผลิตในอุตสาหกรรมต่างๆ ซึ่งการสแกนโดยใช้แสงแบ่งส่วนของวัตถุเป็นส่วนที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้ด้วย ซึ่งวิธีนี้เปรียบเสมือนจะเป็นการแบ่งวัตถุ 3 มิติออกเป็นส่วนย่อยๆ (2 มิติ) ตามแนวความยาวของวัตถุ โดยการฉาย (Projection) แสงลงบนพื้นผิววัตถุเพื่อให้เกิดเป็นลักษณะตามพื้นผิว (Surface Feature) ของวัตถุที่แสงตกกระทบ ซึ่งส่วนมากแล้วแหล่งกำเนิดแสงจะใช้เส้นเลเซอร์สีแดง เนื่องจากการนำมาวิเคราะห์และประมวลผลทำได้ง่าย นอกจากนั้นยังช่วยลดขั้นตอนในการแบ่งส่วนวัตถุหรือภาพ (Image segmentation)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



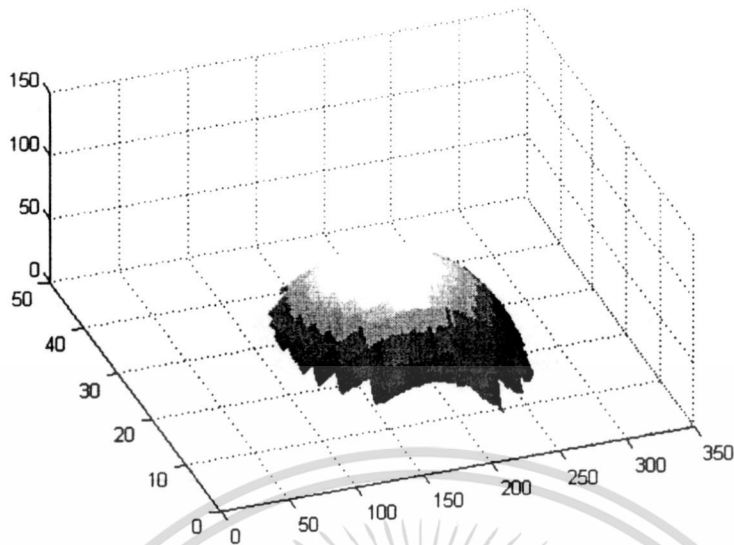
รูปที่ 2.14 การสแกน โดยการใช้แสงแบ่งส่วนวัตถุ (Light-Sectioning)

โดยแสงที่กระทบกับพื้นผิวของวัตถุจะถูกจับภาพและบันทึกไว้ด้วยกล้องที่วางทำมุมเอียงกับแหล่งกำเนิดแสง ซึ่งข้อมูลของรูปที่ได้มาจะเปรียบเสมือนเป็นข้อมูลความหนาและความกว้างในแต่ละจุดบนพื้นผิววัตถุ เมื่อทำการเคลื่อนที่วัตถุก็จะได้ข้อมูลในส่วนต่อไปของวัตถุในลักษณะของภาพตัดขวางของแต่ละส่วน และนำภาพตัดขวางแบบ 2 มิติแต่ละส่วนของวัตถุมารวมกันเพื่อสร้างเป็นภาพตัดขวาง 3 มิติที่เป็นตัวบอกได้ถึง ความกว้าง ความสูง และความยาวของวัตถุนั้นๆ



รูปที่ 2.15 (ก) การเคลื่อนที่ของวัตถุผ่านเส้นแสง (ข) รูปที่ได้ในเฟรมต่างๆเมื่อมีวัตถุตัดผ่าน

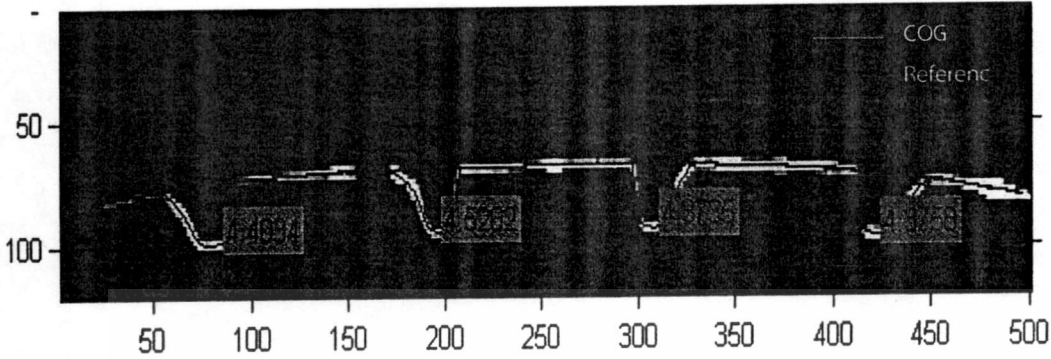
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.16 ตัวอย่างการนำภาพตัดขวางแต่ละส่วนมารวมเพื่อสร้างภาพตัดขวาง 3 มิติ

จากรูปที่ 2.16 (ข) แสดงรูปที่ได้จากกล้องในเฟรมต่างๆเมื่อวัตถุเคลื่อนที่ผ่านทำให้เส้นแสงเลเซอร์เปลี่ยนแปลงรูปร่างไปตามพื้นผิวของวัตถุ โดยรูปร่างของเส้นแสงที่ได้จะบอกถึงคุณลักษณะของวัตถุที่สามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์หาคุณสมบัติ 2 มิติในเชิงระยะพิกัดหรือขนาดของวัตถุที่จะบอกถึงความกว้างและความสูง นอกจากนั้นเมื่อให้วัตถุเคลื่อนที่ด้วยความเร็วที่สอดคล้องกับความเร็วในการเก็บภาพของกล้อง (Frame per second) แล้วทำการเก็บข้อมูลภาพอย่างต่อเนื่อง เมื่อนำข้อมูลรูปที่ได้ในแต่ละส่วนที่เป็น 2 มิติของวัตถุมาต่อกันจะทำให้เกิดคุณลักษณะของวัตถุใน 3 มิติ ซึ่งสามารถนำไปวิเคราะห์เพื่อหาคุณสมบัติที่เป็นขนาดของวัตถุทั้ง ความกว้าง ความยาว และความหนาของวัตถุ รวมทั้งพื้นที่โดยรวมของวัตถุซึ่งปกตินิยมใช้หลักการของรูปสามเหลี่ยมมาใช้ในการวิเคราะห์ ซึ่งมีข้อจำกัดคือถ้าการติดตั้งไม่เป็นไปตามข้อกำหนดของหลักการรูปสามเหลี่ยมเช่น ระยะห่างระหว่างกล้องกับแหล่งกำเนิดแสงรวมทั้งการทำมุมของกล้องหรือแหล่งกำเนิดแสงมีการคลาดเคลื่อนจากการติดตั้ง นอกจากนั้นหลักการของรูปสามเหลี่ยมมีข้อจำกัดในเรื่องขนาดของวัตถุไม่สามารถทำการขยายย่อในการตรวจวัด (Non-scale up)

2.5 วิธีการหาจุดศูนย์กลางถ่วง (Central of Gravity: COG)



รูปที่ 2.17 เส้นแสงเลเซอร์ที่ได้ทำการคำนวณค่าเฉลี่ยแล้ว

วิธีการหาจุดศูนย์กลางถ่วง (Central of Gravity: COG) คือการหาค่าเฉลี่ยของพิกัดของภาพจากแสงเลเซอร์ที่ตกกระทบบนวัตถุ เนื่องจากแสงเลเซอร์มีความกว้างและความเข้มแสงที่ไม่เท่ากันทุกจุด การหา COG คือการหาค่าถ่วงน้ำหนักในแต่ละคอลัมน์ของภาพเพื่อทำการแยกพิกัดที่สอดคล้อง (Profile Extraction) กับวัตถุมากที่สุด โดยค่าเทรชโฮลด์ในตัวโปรแกรมจะทำการปรับค่าด้วยมือ (manual Threshold) เพื่อหาค่าเทรชโฮลด์ของภาพที่เหมาะสม จากรูปที่ 2.17 การหา COG คือการหาจุดในแต่ละคอลัมน์ที่สัมพันธ์กับแสงเลเซอร์เพื่อให้เข้าใจง่ายจึงยกตัวอย่างการคำนวณ COG จากรูปที่ 2.18 เป็นการคำนวณหาค่าเฉลี่ย (Center of gravity)

$$COG = \frac{\sum y \cdot I(y, x)}{\sum I(y, x)} = \frac{Wm}{m} \quad (2.1)$$

เมื่อ $I(y, x) > \text{Threshold}$

$I(y, x)$ คือความเข้มของระดับสีเทา

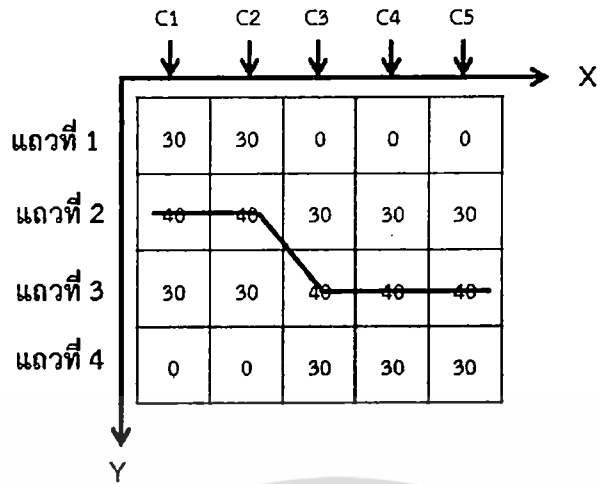
y คือแถวในแนวแกน y

ตัวอย่างการคำนวณมีดังนี้

มีขนาดเมทริกซ์ 4x5 พิกเซลค่าภายในเมทริกซ์คือค่าความเข้มของระดับสีเทา (Intensity) ใช้ค่าเทรชโฮลด์ 30 ในการคำนวณหาค่าเฉลี่ย (Center of gravity) ของเมทริกซ์ 4x5 พิกเซลกำหนดให้

Wm = ผลรวมของค่าความเข้มของระดับสีเทาคูณกับค่าตำแหน่งของแถว y

m = ผลรวมของค่าความเข้มระดับสีเทา



รูปที่ 2.18 เมทริกซ์ขนาด 4x5

พิจารณาค่าความเข้มของระดับสีเทา (Intensity) ที่มีค่ามากกว่าค่าเทรชโฮลด์คือ 30 จำนวนหาค่า COG ของ Y ในแต่ละคอลัมน์ C, C2, C3, C4 และ C5

$$(C1) \text{ COG } (X=1) = \frac{Wm}{m} = \frac{(1 \times 30) + (2 \times 40) + (3 \times 30) + (4 \times 0)}{30 + 40 + 30 + 0} = 2 \quad (2.2)$$

$$(C2) \text{ COG } (X=2) = \frac{Wm}{m} = \frac{(1 \times 30) + (2 \times 40) + (3 \times 30) + (4 \times 0)}{30 + 40 + 30 + 0} = 2 \quad (2.3)$$

$$(C3) \text{ COG } (X=3) = \frac{Wm}{m} = \frac{(1 \times 0) + (2 \times 30) + (3 \times 40) + (4 \times 30)}{0 + 30 + 40 + 30} = 3 \quad (2.4)$$

$$(C4) \text{ COG } (X=4) = \frac{Wm}{m} = \frac{(1 \times 0) + (2 \times 30) + (3 \times 40) + (4 \times 30)}{0 + 30 + 40 + 30} = 3 \quad (2.5)$$

$$(C5) \text{ COG } (X=5) = \frac{Wm}{m} = \frac{(1 \times 0) + (2 \times 30) + (3 \times 40) + (4 \times 30)}{0 + 30 + 40 + 30} = 3 \quad (2.6)$$

ผลลัพธ์ที่ได้คือ ค่าพิกัด X และ Y โดยที่ X เป็นคอลัมน์ที่ 1,2,3...n สัมพันธ์กับค่าของ Y เป็นค่าแถวที่ 1,2,3...n ดังนั้นคำตอบที่ได้คือ $(X,Y) = \{(1,2), (2,2), (3,3), (4,3), (5,3)\}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 สมการคำนวณค่าความผิดพลาดจากการวัด (Error)

การวัดเป็นขบวนการของการเปรียบเทียบปริมาณที่ไม่รู้ค่าด้วยปริมาณมาตรฐานที่ยอมรับ ภายใต้การพิจารณาและการสังเกตผลการตอบสนองบนเครื่องมือวัดการวัดที่หาได้นั้นเป็นปริมาณการวัดที่เรียกว่า ค่าจริง (True value) ในการหาค่าจริงนั้นอาจยุ่งยากมากแต่อย่างไรก็ตามนอกเหนือจากค่าจริงก็อาจใช้คำว่าค่าที่คาดหวัง (expected value) แทนซึ่งพอที่จะอธิบายได้ง่ายกว่าค่าจริงได้ การวัดบางครั้งมีผลกระทบจากตัวแปรจำนวนมากดังนั้นผลที่ได้จากการวัดมักผิดจากค่าที่คาดหวังจากการศึกษาค้นคว้าในเรื่องความคลาดเคลื่อน (error) ของการวัดสามารถหาได้ต่อไปนี้

2.6.1 ค่าความผิดพลาดสัมบูรณ์ (Absolute Error : e)

ค่าความผิดพลาดสัมบูรณ์คือค่าปริมาณความแตกต่างระหว่างค่าจริง (True value) กับค่าวัด (Measured value) ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์นั้นอาจถูกนิยามอยู่ในรูปผลต่างระหว่างค่าที่คาดหวังกับค่าที่วัดได้ สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$|e| = x_t - x_m \quad (2.7)$$

เมื่อ

$|e|$ = คือ ค่าความผิดพลาดสัมบูรณ์

x_t = คือ ค่าจริง (True value)

x_m = คือ ค่าวัด (Measured value)

2.6.2 ค่าความผิดพลาดสัมพัทธ์ (Relative Error : %error)

ค่าความผิดพลาดสัมพัทธ์ (Relation error) หรือ Percent error (%error) คือ ค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดได้จากค่า ความผิดพลาดสัมบูรณ์เปรียบเทียบกับค่าจริง สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\%error = \frac{|x_t - x_m|}{x_t} \times 100\% \quad (2.8)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบและการทดลอง

3.1 วัสดุและอุปกรณ์

วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ดำเนินการแสดงไว้ในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการดำเนินการ

รายการ	จำนวน	หมายเหตุ
1. เครื่องหมุนล้อ	1 เครื่อง	ออกแบบขึ้นมาใหม่
2. ขากรรณต์ ที่ไม่ผ่านการใช้งาน	1 เส้น	ขนาด 175/65R15
3. ขากรรณต์ ที่ผ่านการใช้งาน	1 เส้น	ขนาด 175/65R15
4. มอเตอร์ คีซี	1 ตัว	24 V
5. สวิตซ์ชิ่ง คีซี	1 ตัว	ชนิด AC/DC 240/5 V
6. สเปเซอร์	1 ตัว	4 รู 100
7. กล้อง	1 กล้อง	ยี่ห้อ OKER รุ่น HD 720P
8. ฟิลเตอร์	1 ตัว	ช่วงความยาวคลื่น 650 nm
9. เลเซอร์	1 ตัว	สีแดง ยี่ห้อ LASIC model KML-3503
10. ฐานตั้งกล้องและเลเซอร์	1 อัน	ออกแบบขึ้นมาใหม่
11. คอมพิวเตอร์	1 เครื่อง	มีโปรแกรม LabVIEW

3.2 การออกแบบโครงสร้างในส่วนของ การทดลอง

3.2.1 ตัวเครื่องหมุนล้อ

ได้ทำการออกแบบตัวเครื่องขึ้นมาใหม่โดยใช้โปรแกรม AutoCAD โดยพัฒนาจากเครื่องเดิมที่ใช้ในการทดลอง เนื่องจากความไม่เสถียรในการหมุนทำให้ผลการทดลองเกิดความคาดเคลื่อน และจึงได้ปรับเปลี่ยนให้เป็นการหมุนแบบแนวตั้งเพื่อให้รองรับกับความเป็นสากล สะดวกในการนำไปประยุกต์ใช้งานต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับตัวหมุนล้ออย่าง จะประกอบไปด้วย

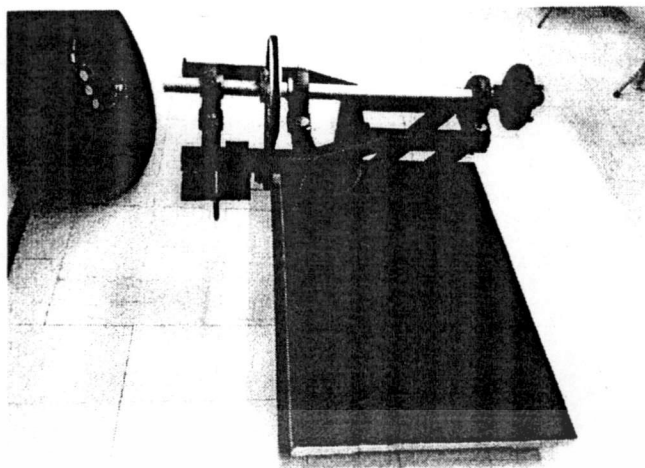
- 1.แกนเหล็กขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 32 มิลลิเมตร
- 2.เหล็กกล่องขนาด 1.5''x1.5''x2
- 3.เหล็กแผ่นขนาดฐานกว้าง 27''x40''
- 4.ตุ๊กตา ฐาน 7'' เส้นผ่านศูนย์กลาง 31.5 มิลลิเมตร 3ตัว
- 5.น็อตเบอร์สิบ จำนวน 6ตัว
- 6.มูเลย์ 2ตัวสำหรับมอเตอร์



รูปที่ 3.1 ตัวเครื่องที่ทำการออกแบบโดยใช้โปรแกรม Auto cad

รูปที่ 3.2 ตัวเครื่องที่ทำการออกแบบเสร็จเรียบร้อยแล้ว

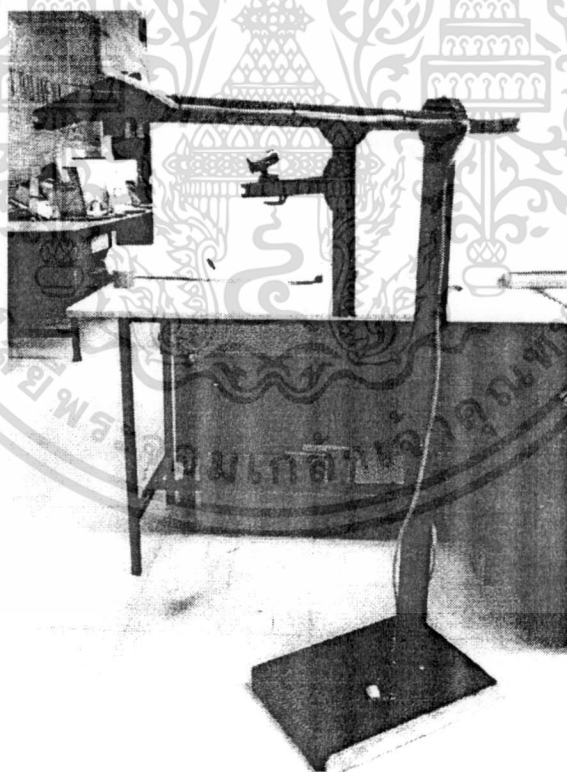
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 ตัวเครื่องหมอนลื้อ

3.2.2 ฐานตั้งถ้องและเลเซอร์

ทำขึ้นจากวัสดุอลูมิเนียม โปรไฟล์ ซึ่งมีคุณสมบัติคือมีความเบา แข็งแรง และสะดวกในการต่อโครงสร้างสามารถทำได้ตามที่ต้องการ



รูปที่ 3.4 ฐานตั้งถ้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

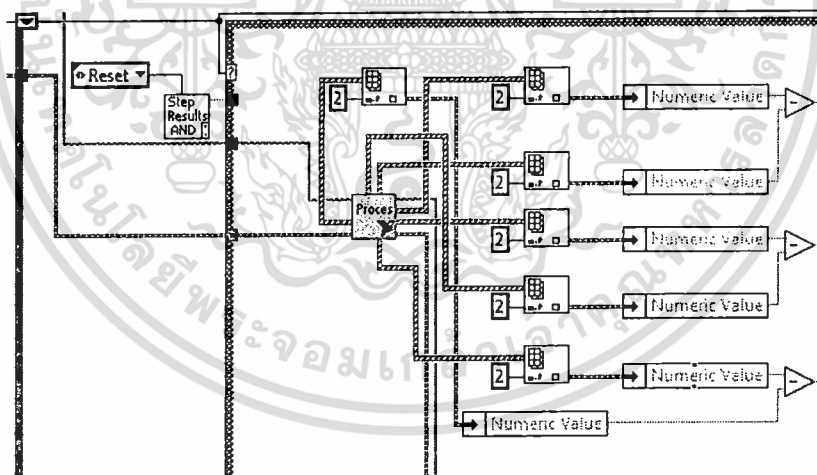
ในการออกแบบฐานตั้งกล้องนั้นต้องคำนึงถึงระยะความสูงและความห่างของตัวอย่างรถยนต์ ส่วนที่ทำการติดตั้งกล้องและแสงเลเซอร์นั้นต้องคำนึงถึงมุมตกกระทบที่แสงเลเซอร์สะท้อนกับผิวยางรถยนต์ด้วย เพราะจากที่ได้ทำการทดลองพบว่ามุมตกกระทบที่ดีที่สุด มีความแม่นยำมากที่สุดที่นำมาใช้ในการประมวลผลคือมุม 45 องศา

3.3 การออกแบบโปรแกรม

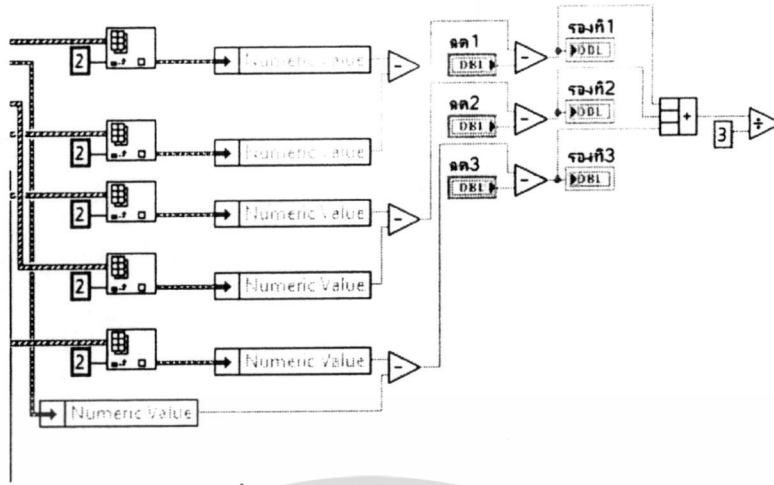
โปรแกรมที่ใช้ในการประมวลผลภาพคือ National Instruments LabVIEW 2012 (32-bit) โดยการทำงานของโปรแกรมนั้นจะประกอบด้วย ส่วนแรก ทำการรับภาพจากกล้อง จากนั้นปรับแต่งภาพที่รับมาให้มีสัญญาณรบกวนน้อยที่สุดเพื่อความแม่นยำในการประมวลผล ต่อมาทำการ calibrate ข้อมูลภาพโดยการวัดอัตราส่วนภาพจริงไปเทียบกับข้อมูลหน่วยของกล้องให้เข้าใกล้ค่าจริงมากที่สุด จากนั้นทำการปรับสเกลในโหมดการทำงานแบบ Auto ใช้ในการจับภาพที่วิ่งในหน้าจอการประมวลผล โดยการเขียนโปรแกรมจะมีรายละเอียดย่อยๆ ดังต่อไปนี้

3.3.1 การรับภาพและการประมวลผล

โดยการทำงานในรูปนี้คือการทำงานที่กล่าวไว้ในขั้นต้น จากนั้นจะส่งข้อมูลที่ได้ออกไปทำการคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ดังต่อไปนี้โดยการเก็บข้อมูลที่ได้อะจะมีการเทียบข้อมูลกับที่ยังไม่ผ่านการใช้งาน



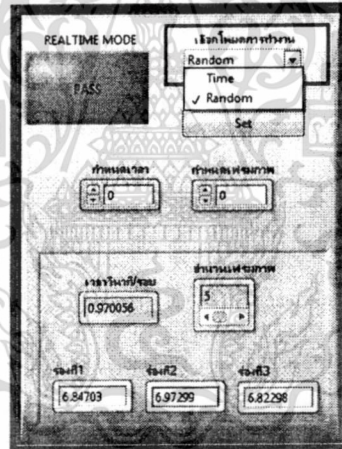
รูปที่ 3.5 Process ที่ใช้ในการประมวลผลภาพ



รูปที่ 3.8 การทำงานของระบบ COG

3.3.3 การแสดงผล

ในส่วนของการแสดงผลภาพออกมาทางจอภาพจะประกอบไปด้วยส่วนต่างๆดังนี้

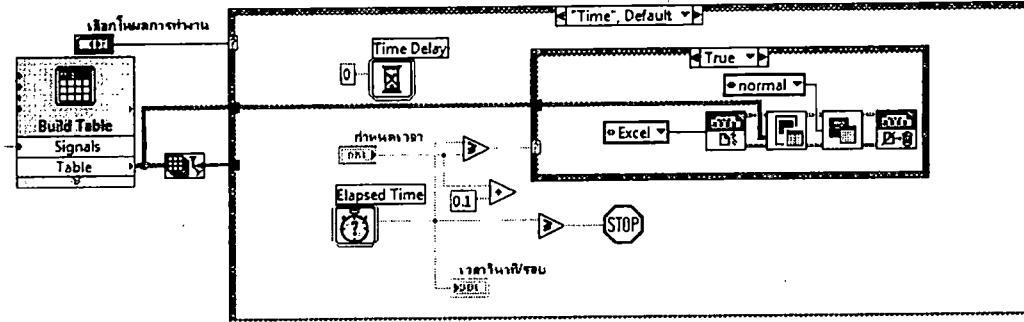


รูปที่ 3.9 โหมดการทำงาน

- การกำหนดเวลาต่อรอบ

โดยผู้เขียน โปรแกรมจะใช้หลักการคือ กำหนดเวลา 1 รอบของการหมุนล้ออย่างรวดยนต์ ว่าได้กี่วินาที ต่อรอบ จากนั้นทำการเก็บเฟรมภาพที่ได้ต่อการหมุนล้อ 1 รอบ มาประมวลผล โดยค่าความถูกต้องจะขึ้นอยู่กับคุณภาพของกล้องที่รับภาพมา กับความเร็วในการหมุน รวมไปถึงแสงเลเซอร์ที่ใช้ในการประมวลผลด้วย

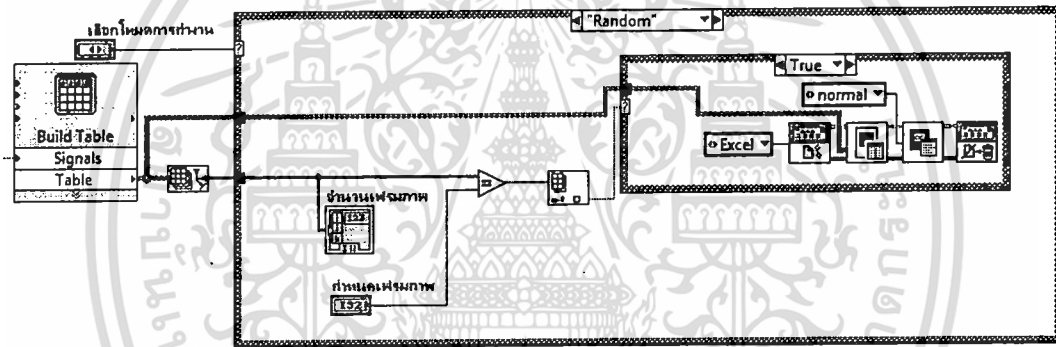
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.10 โหมดการทำงานแบบ กำหนดเวลาต่อรอบ

• การสุ่มเฟรมภาพมาประมวลผล

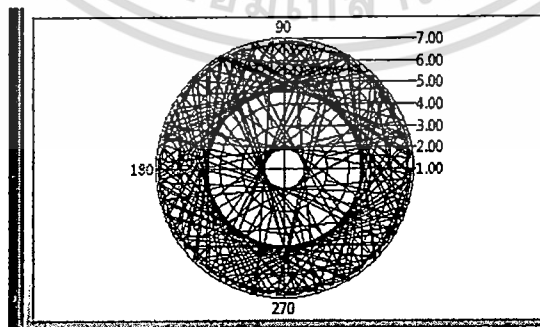
การสุ่มเฟรมภาพนั้นโดยหลักการทำงานจะใช้กล้องเก็บเฟรมภาพตามจำนวนเฟรมที่เราต้องการ โดยการหมุนของล้อขานั้นจะหมุนไปเรื่อยๆ จนกว่าการเก็บข้อมูลจะเสร็จสมบูรณ์



รูปที่ 3.11 โหมดการทำงานแบบ สุ่มจำนวนเฟรมภาพ

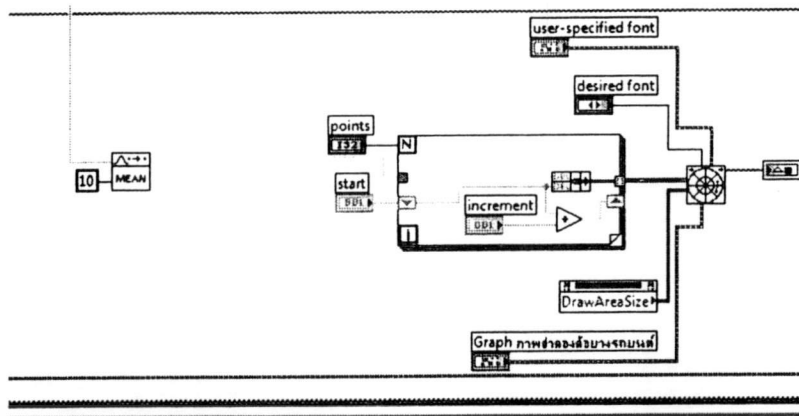
3.3.3.2 การแสดงผลของกราฟ

3.3.3.2.1 กราฟแสดงค่าในรูปแบบมิลลิเมตร



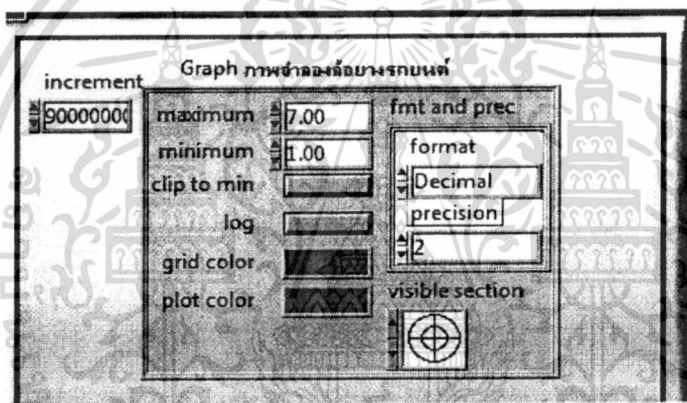
รูปที่ 3.12 กราฟจำลองตัวอย่างในหน่วยของ มิลลิเมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.13 ลูปรการทำงานกราฟจำลองในหน่วยของมิลลิเมตร

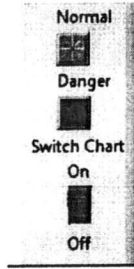
โดยการเขียน โปรแกรมนั้นจะมีช่องใส่ค่ากำกับไว้เพื่อความสะดวกของผู้ใช้งานจะประกอบด้วยดังนี้



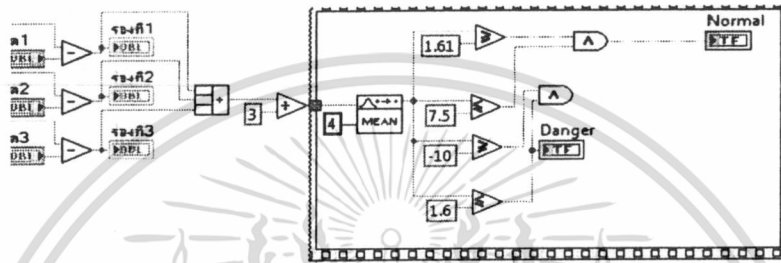
รูปที่ 3.14 การปรับค่าของกราฟจำลองในหน่วยมิลลิเมตร

1. ช่องของ Maximum, Minimum เป็นช่องไว้สำหรับ จำกัดลิมิต ขอบเขตของเนื้อหาที่เราใช้วิเคราะห์ข้อมูล
2. ช่องของ Grid,Plot เป็นช่องสำหรับเลือกสีที่ใช้ในการวิเคราะห์เนื้อหาทำให้มีความแตกต่างกันในการมองเห็นจอแสดงผล
3. Visible Section เป็นช่องใช้สำหรับเลือกรูปแบบแผนกราฟในการมอง โดยจะมีหลายแบบให้เลือก
4. fmt and prec เป็นช่องสำหรับเลือกระบบเลขฐาน และ ตำแหน่ง ทศนิยมตามลำดับ
5. ตัว increment เป็นตัวเลขกำหนดเส้นให้ตัดกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

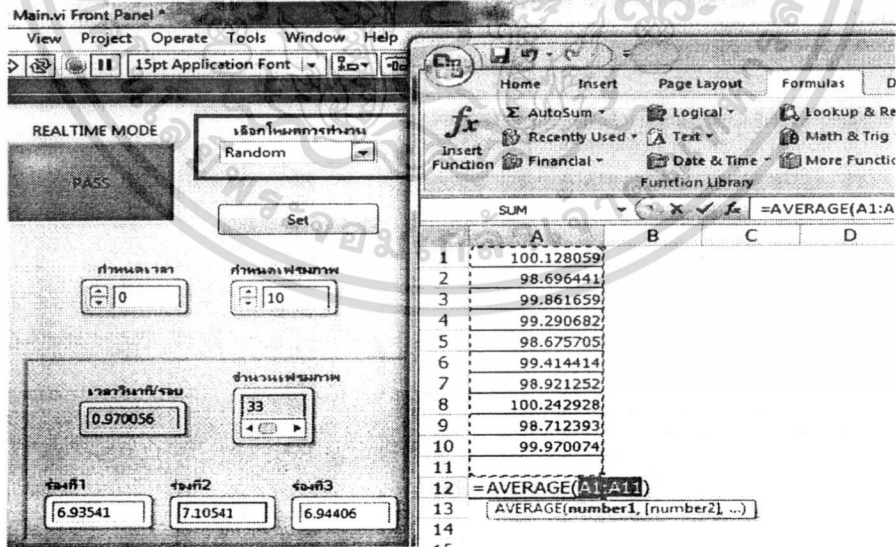


รูปที่ 3.17 สัญลักษณ์เตือน



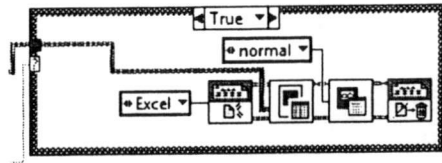
รูปที่ 3.18 รูปการทำงานของสัญญาณไฟเตือน

การเก็บข้อมูลที่ได้จากการประมวลผล ในการประมวลผลนั้นค่าที่ได้จากการประมวลผลจะไหลเข้าสู่ microsoft excel โดยจะทำการเฉลี่ยภายใน โปรแกรมได้ทันที



รูปที่ 3.19 การเก็บข้อมูลที่ได้จากการประมวลผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.20 ลูปการไหลข้อมูลเข้าสู่ microsoft excel

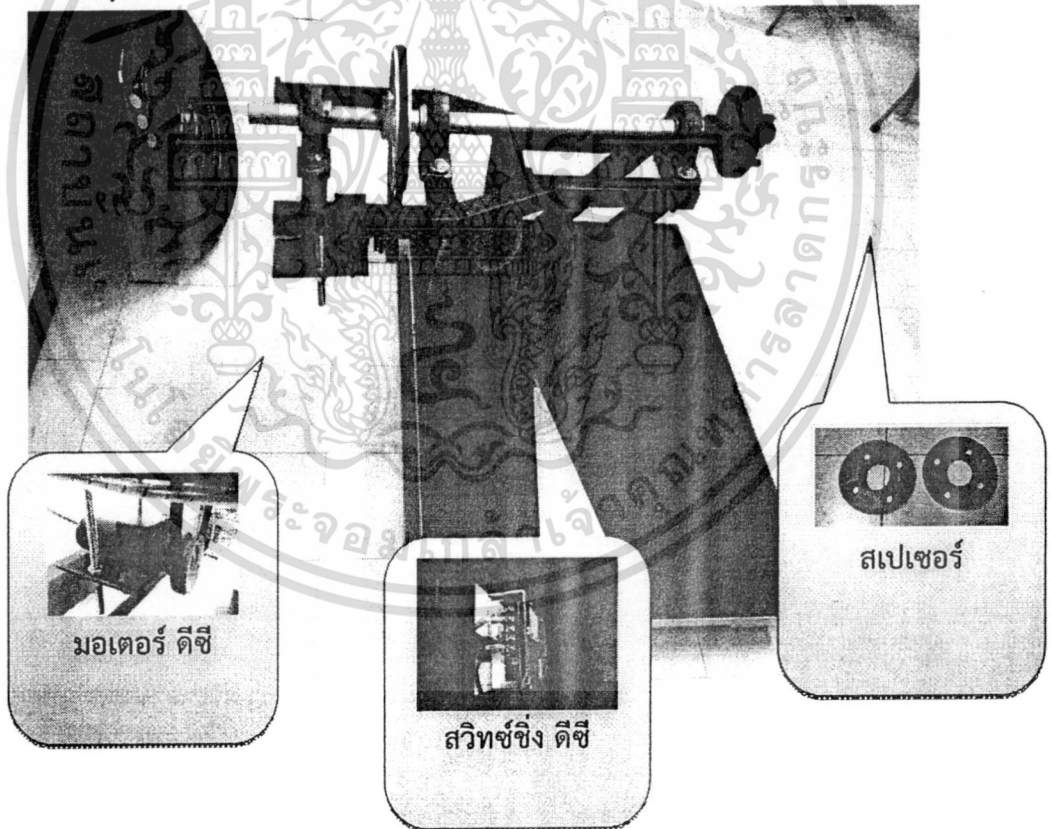
โดยการทำงานของระบบสามารถเสริมแต่งได้ไม่จำกัด ในส่วนของโปรแกรมที่นำมาประกอบเพื่อใช้ในการประมวลผลมีทั้งหมด 3 โปรแกรม ได้แก่

1. National Instruments LabVIEW 2012 (32-bit)
2. National Instruments Vision Builder AI 2012
3. National Instruments Vision Assistant 2012

3.4 การออกแบบและติดตั้งอุปกรณ์บนเครื่องตรวจวัดความลึกหรือของยางรถยนต์ด้วยวิธีทัศนจักรกล

เครื่องตรวจวัดความลึกหรือของยางรถยนต์ด้วยวิธีทัศนจักรกลจะแบ่งเป็น 2 ส่วนใหญ่ดังนี้

3.4.1 ตัวเครื่องหมุนล้อ



รูปที่ 3.21 ตัวเครื่องหมุนล้อและส่วนประกอบ

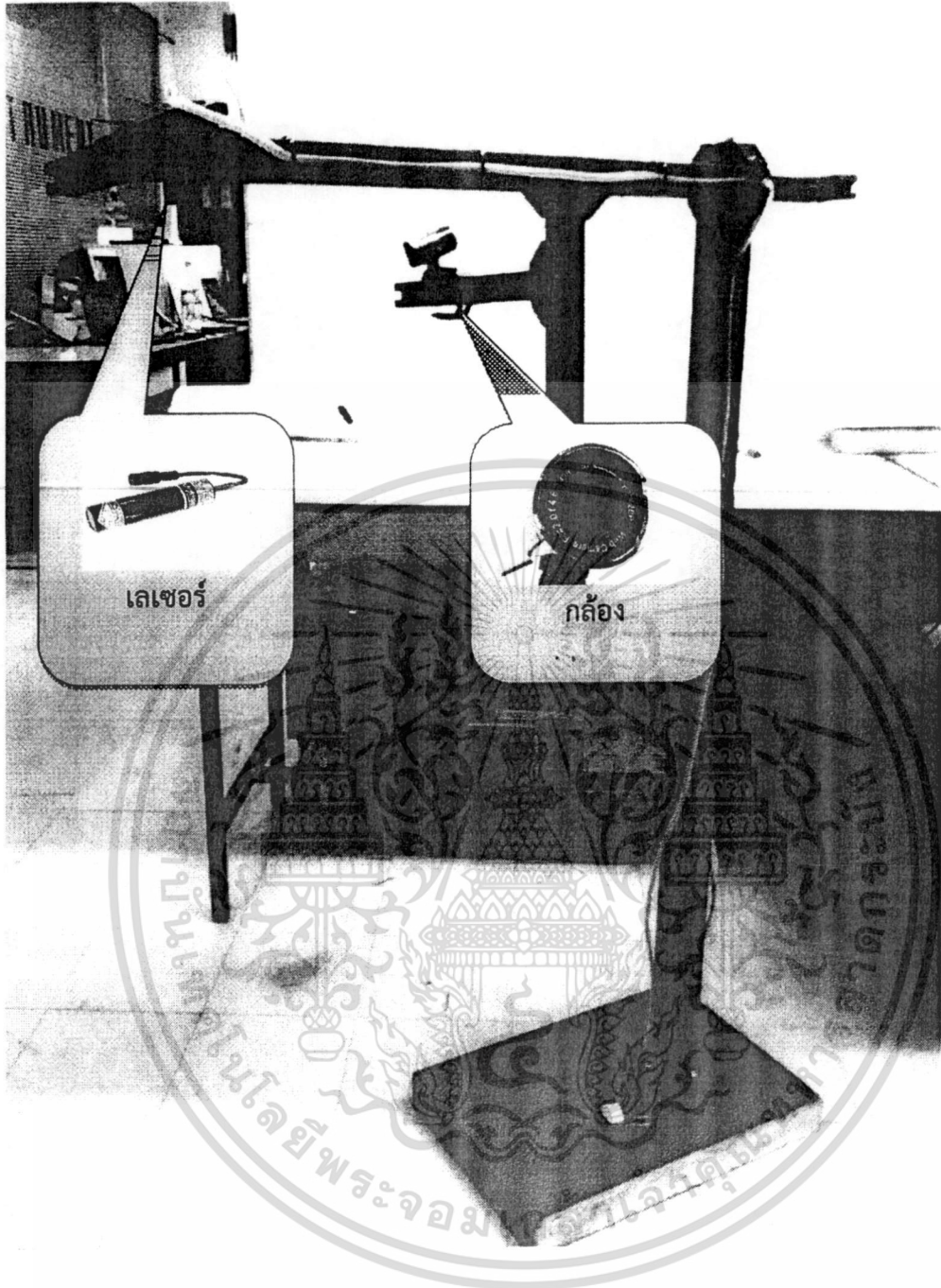
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2 ส่วนประกอบของฐานตั้งกล้องและเลนเซอร์

- **เลนเซอร์**
เป็นอุปกรณ์ที่เป็นแหล่งกำเนิดแสงใช้ยิงไปที่สัรรถยนต์ เพื่อให้เกิดคลื่นลำแสงบนล้อยางรถยนต์
- **กล้อง**
เป็นอุปกรณ์สำคัญที่ใช้ในการบันทึกภาพแสงเลนเซอร์ที่อยู่บนล้อยางรถยนต์จากนั้นจะทำการส่งข้อมูลที่เป็นรูปภาพนี้ไปเข้าสู่กระบวนการประมวลผลต่อไป
- **ฟิลเตอร์**
เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ติดตั้งร่วมกับกล้องเพื่อทำหน้าที่กรองแสงรบกวนที่ไม่ต้องการ ให้ภาพที่ได้รับเข้ามามีความคมชัดเพื่อให้ง่ายต่อการประมวลผล โดยฟิลเตอร์มีช่วงความยาวคลื่น 650 นาโนเมตร ซึ่งจะช่วยให้รับแสงเลนเซอร์สีแดงได้คมชัดขึ้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.22 ฐานตั่งกลิ้ง เลเซอร์และส่วนประกอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

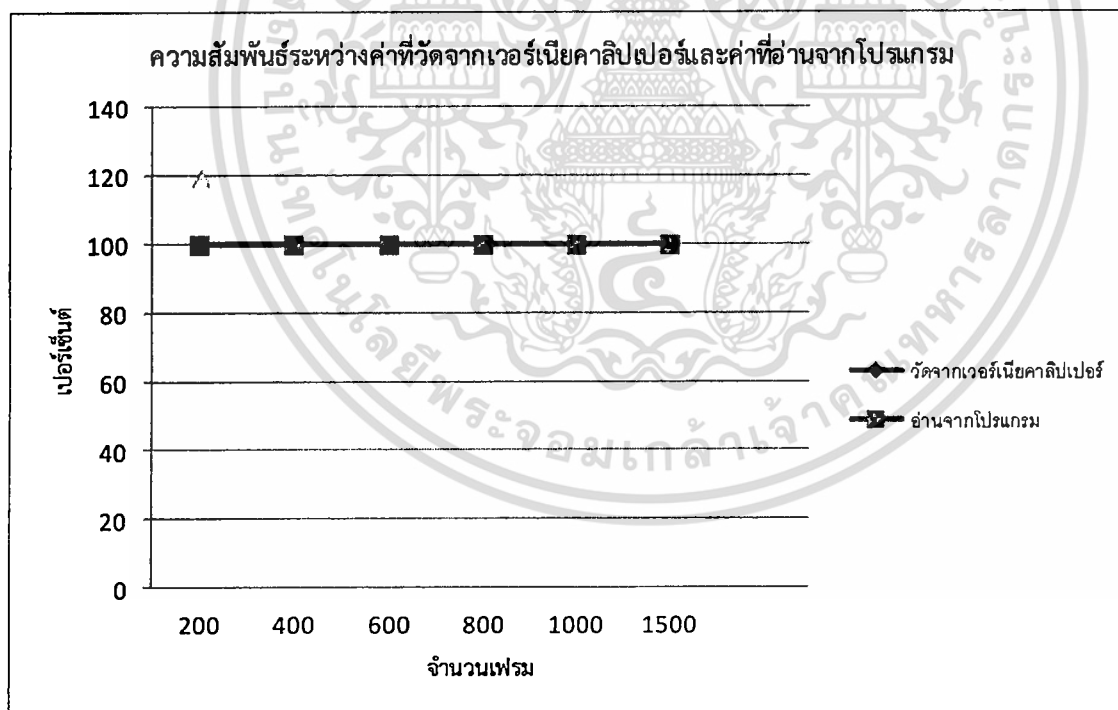
ผลการทดลอง

ผลการทดลองที่ประมวลผลได้นั้นจะถูกเก็บในรูปแบบของ โปรแกรมไมโครซอฟท์เอ็กเซลและได้หาค่าเฉลี่ยโดยแสดงผลการทดลองในรูปแบบแผนภาพ โดยผลการทดลองที่ได้ทำการทดลองจะแบ่งเป็น 2 กรณีคือผลการทดลองที่ได้จากการทดลองด้วยวิธีสุ่มเฟรม และวิธีจับเวลาต่อรอบซึ่งในแต่ละครั้งของการทดลองได้ทำการทดลองกับยางที่ยังไม่ได้ใช้งานและยางที่ใช้งานแล้วและจะได้นำผลการทดลองทั้งหมดมาทำการวิเคราะห์ต่อไปเพื่อจะได้ทราบว่าผลการทดลองแบบใดให้ผลลัพธ์ที่เป็นที่น่าพอใจที่สุด

4.1 ผลการทดลองที่ได้จากการทดลองด้วยวิธีสุ่มเฟรม

ผลการทดลองที่ได้จากการทดลองด้วยวิธีสุ่มเฟรมจะแบ่งเป็น 200,400,600,800,1000 และ 1500 เฟรม โดยแต่ละครั้งจะทำการทดลองสามครั้งเพื่อที่จะนำเอาผลการทดลองมาทำการหาค่าเฉลี่ยซึ่งจะนำค่าที่ได้จากการที่ได้ทำการหาค่าเฉลี่ยแล้วนั้นมาเปรียบเทียบกับค่าที่วัดได้จากการใช้เวอร์เนียบคาลิปเปอร์

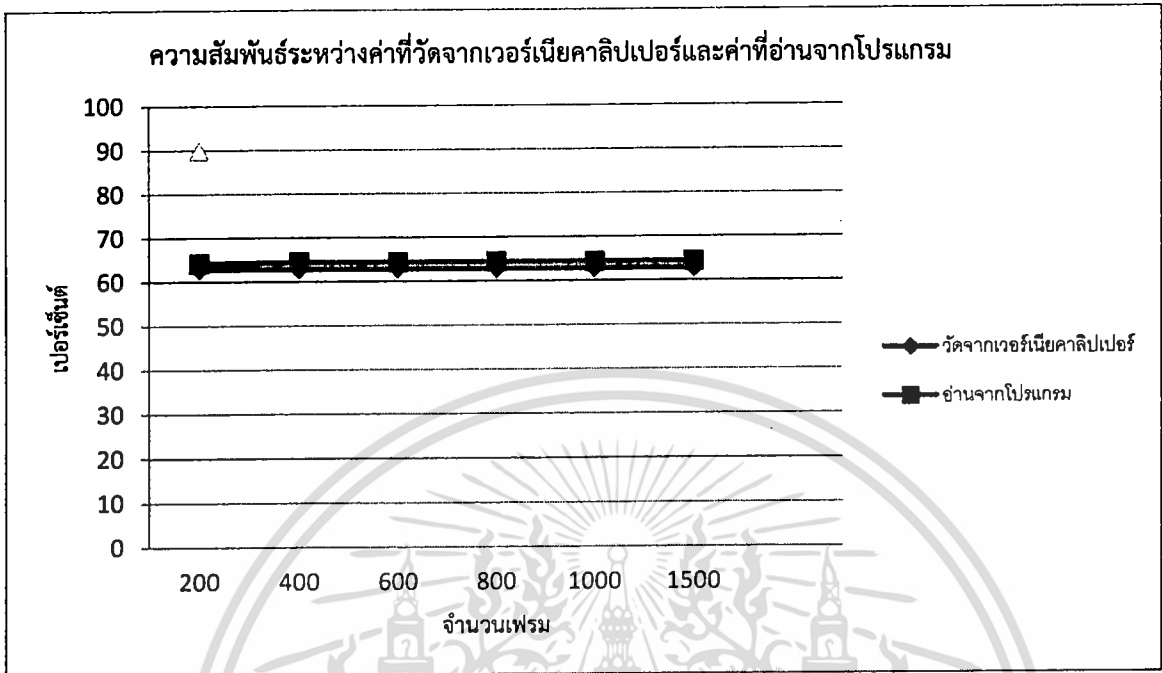
4.1.1 ผลการทดลองที่ได้จากการทดลองด้วยวิธีสุ่มเฟรมของยางมียังไม่ได้ใช้งาน



รูปที่ 4.1 กราฟเปรียบเทียบค่าที่วัดจากเวอร์เนียบคาลิปเปอร์และค่าที่อ่านจากโปรแกรม โดยใช้วิธีสุ่มเฟรมของยางมียังไม่ได้ใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 ผลการทดลองที่ได้จากการทดลองด้วยวิธีสุ่มเฟรมของงานที่ใช้งานแล้ว

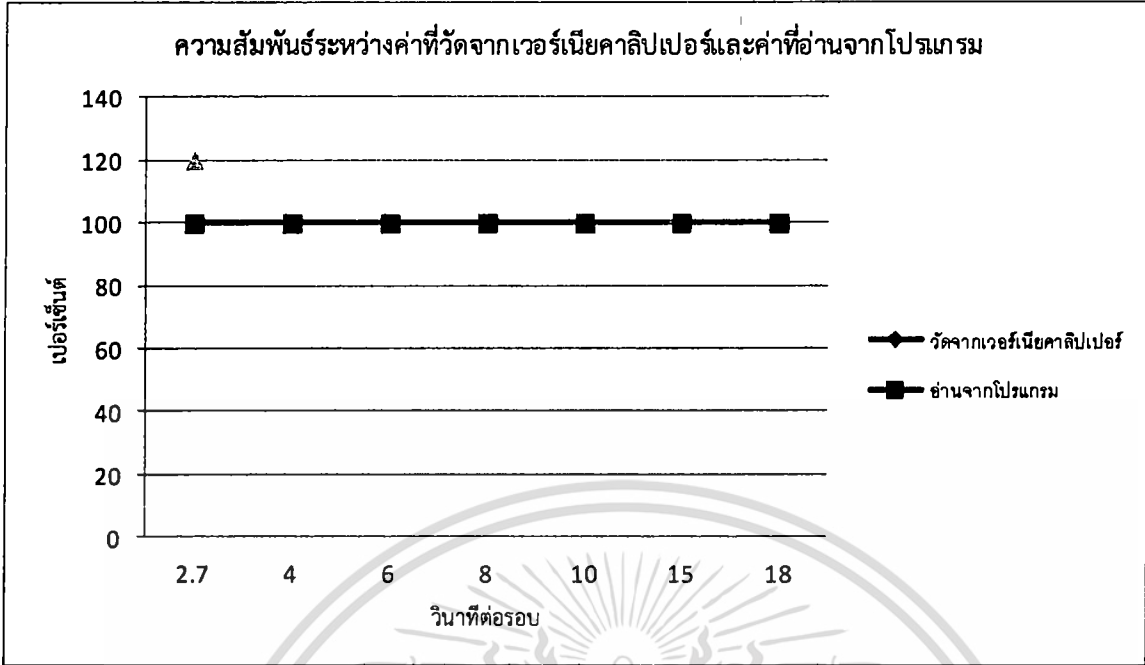


รูปที่ 4.2 กราฟเปรียบเทียบค่าที่วัดจากเวอร์เนียวาลิปเปอร์และค่าที่อ่านจาก โปรแกรมโดยใช้วิธีสุ่มเฟรมของงานที่ใช้งานแล้ว

4.2 ผลการทดลองที่ได้จากการทดลองด้วยวิธีจับเวลาต่อรอบ

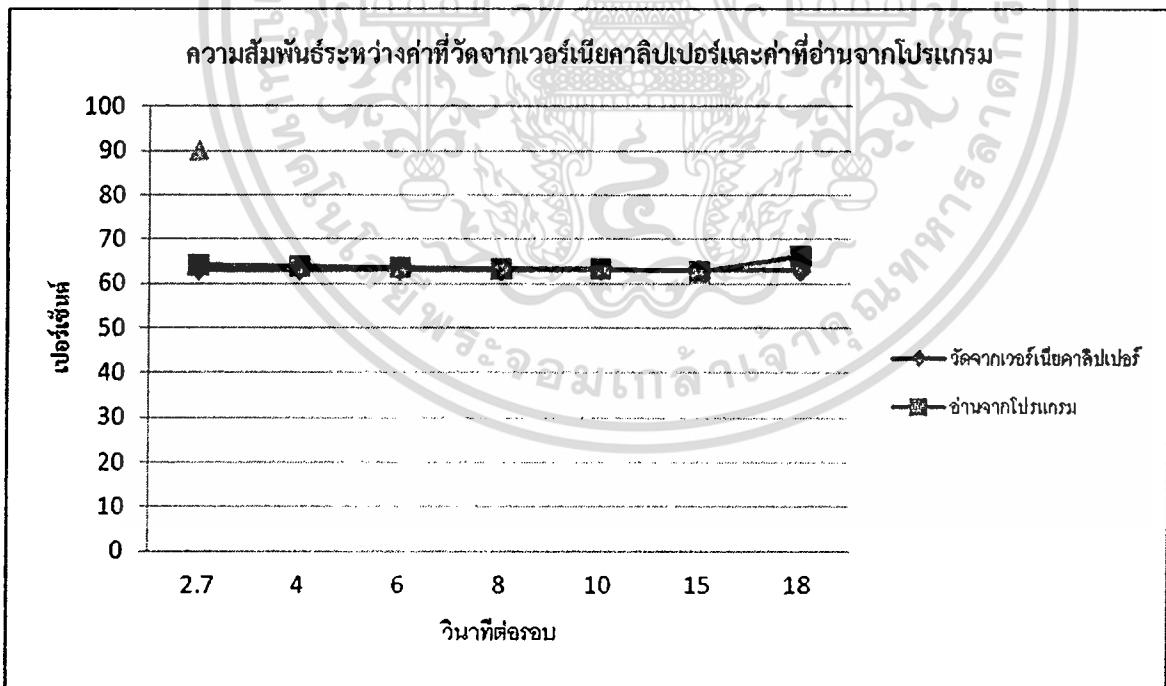
ผลการทดลองที่ได้จากการทดลองด้วยวิธีจับเวลาต่อรอบจะแบ่งเป็น 2,7,4,6,8,10,15,18 วินาทีต่อรอบ โดยแต่ละครั้งจะทำการทดลองสามครั้งเพื่อที่จะนำเอาผลการทดลองมาทำการหาค่าเฉลี่ยซึ่งจะนำค่าที่ได้จากการที่ได้ทำการหาค่าเฉลี่ยแล้วนั้นมาเปรียบเทียบกับค่าที่วัด ได้จากการใช้เวอร์เนียวาลิปเปอร์

4.2.1 ผลการทดลองที่ได้จากการทดลองด้วยวิธีจับเวลาต่อรอบของงานที่ยังไม่ได้ใช้งาน



รูปที่ 4.3 กราฟเปรียบเทียบค่าที่วัดจากเวรเนี้ยคาลิปเปอร์และค่าที่อ่านจากโปรแกรมโดยใช้วิธีจับเวลาต่อรอบของยางที่ยังไม่ได้ใช้งาน

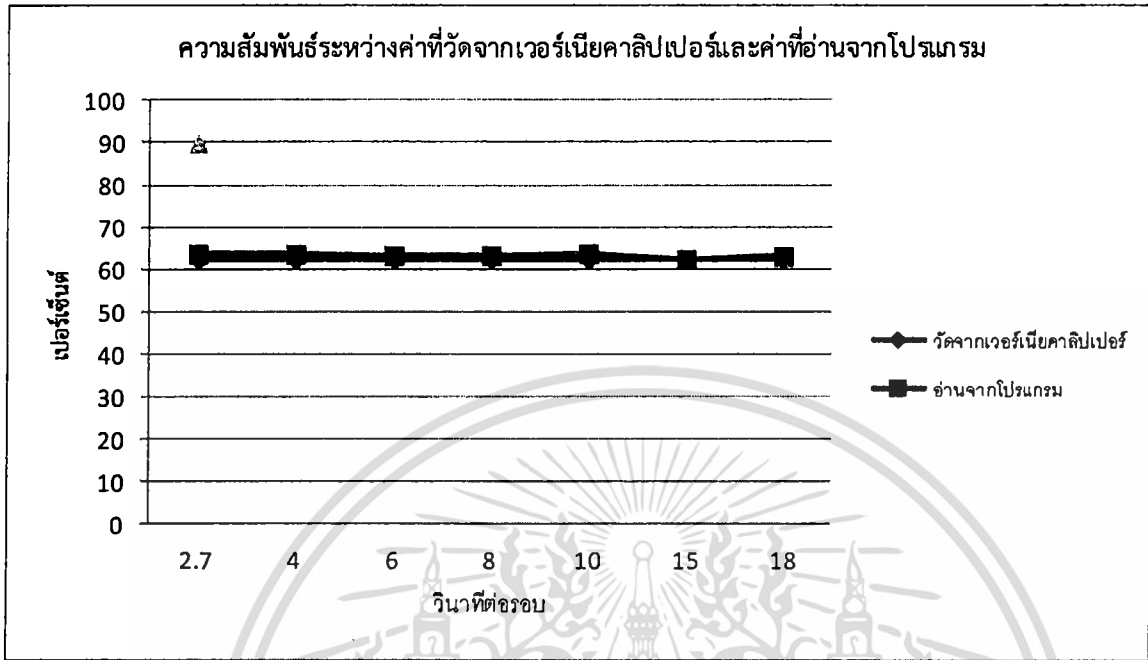
4.2.2 ผลการทดลองที่ได้จากการทดลองด้วยวิธีการจับเวลาต่อรอบของยางที่ใช้งานแล้ว



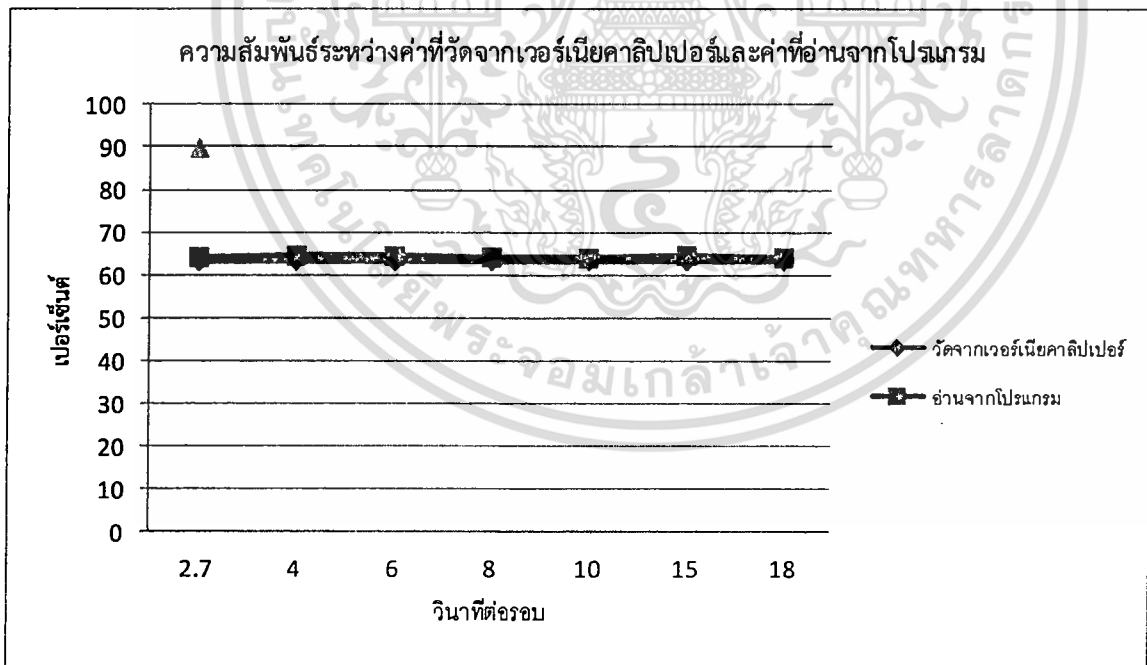
รูปที่ 4.4 กราฟเปรียบเทียบค่าที่วัดจากเวรเนี้ยคาลิปเปอร์และค่าที่อ่านจากโปรแกรมโดยใช้วิธีจับเวลาต่อรอบของยางที่ใช้งานแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 แสดงกราฟการเปรียบเทียบระหว่างการวัดจากเวอร์เนียคาลิปเปอร์ และการวัดจากเครื่อง Tire depth measurement using machine vision

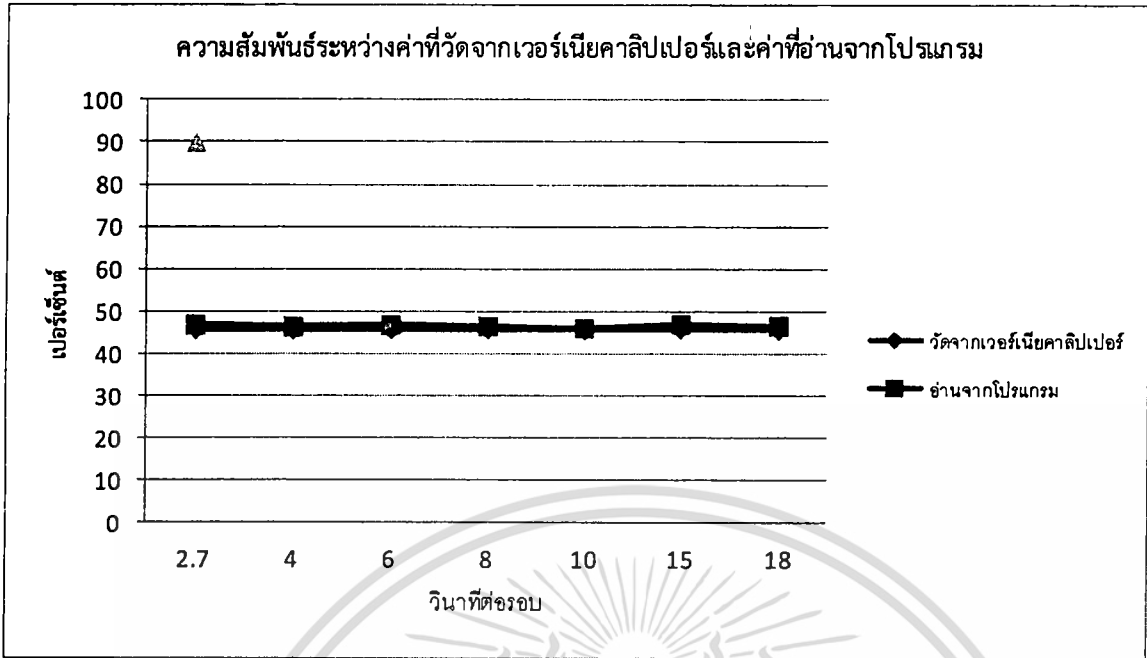


รูปที่ 4.5 กราฟเปรียบเทียบค่าที่วัดจากเวอร์เนียคาลิปเปอร์และค่าที่อ่านจากโปรแกรมโดยใช้ยาง รุ่น Dunlop185-60R15-84H

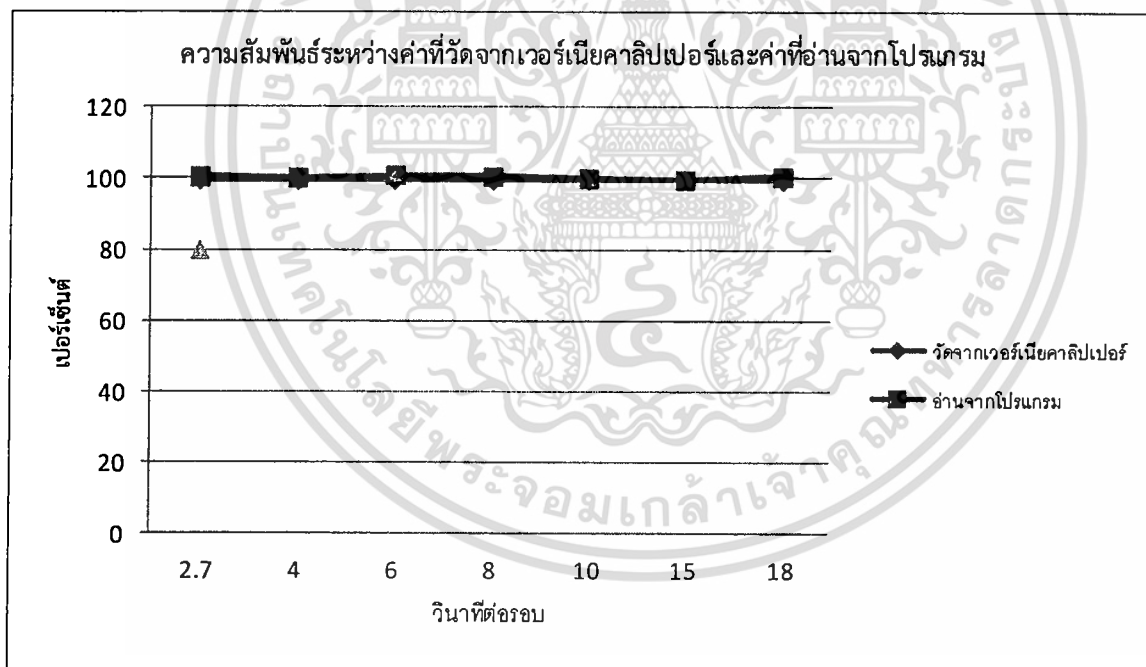


รูปที่ 4.6 กราฟเปรียบเทียบค่าที่วัดจากเวอร์เนียคาลิปเปอร์และค่าที่อ่านจากโปรแกรมโดยใช้ยาง รุ่น Goodyear175-65R15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

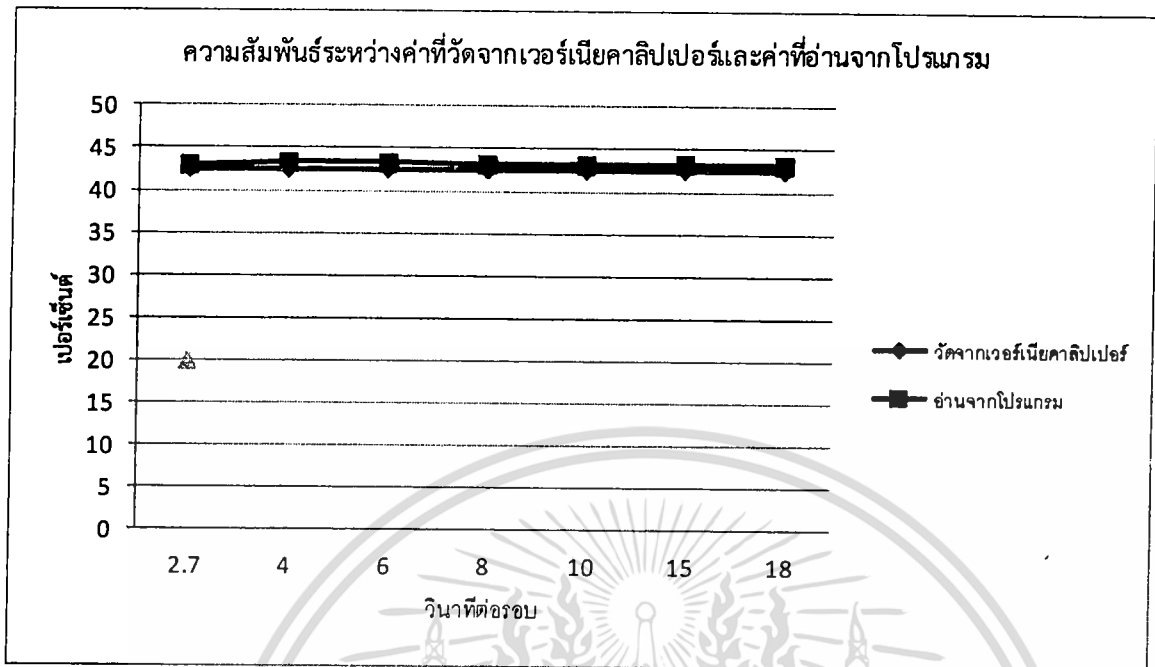


รูปที่ 4.7 กราฟเปรียบเทียบค่าที่วัดจากเวอร์เนียคาลิปเปอร์และค่าที่อ่านจากโปรแกรมโดยใช้ยาง รุ่น Firenza195-60R15-88H



รูปที่ 4.8 กราฟเปรียบเทียบค่าที่วัดจากเวอร์เนียคาลิปเปอร์และค่าที่อ่านจากโปรแกรมโดยใช้ยาง รุ่น Goodyear175-65R15 (100%)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 กราฟเปรียบเทียบค่าที่วัดจากเวอร์เนียคาลิปเปอร์และค่าที่อ่านจากโปรแกรมโดยใช้ยาง รุ่น Bridgestone185-55-R15

จากผลการทดลองซึ่งนำมาเปรียบเทียบกับค่าที่วัดได้จริงจากบุคคลซึ่งพบว่าค่าที่ได้จากการทดลองด้วยวิธีการสุ่มเฟรมมีเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดที่แน่นอน ซึ่งมาจากการนำค่าจากเฟรมภาพเดิมมาประมวลผล ทำให้ค่าที่ได้จากการวัดมีเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดมีค่าใกล้เคียงกันและค่าที่ได้จากการทดลองด้วยวิธีจับเวลาต่อรอบนั้นพบว่าการรับภาพของกล้องOKER รุ่นHD 720 p ในช่วงเวลาที่ 10-15 วินาทีเปอร์เซ็นต์

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอการออกแบบ และได้ทำการสร้างเครื่องตรวจวัดค่าเปอร์เซ็นต์การสึกหรอของยางรถยนต์โดยขั้นต้นเราได้ทำการออกสำรวจและได้พบว่าเราต้องออกแบบเครื่องในลักษณะการหมุนคล้ายคลึงกับเครื่องถ่วงล้อเพราะจะทำให้เวลาทำการทดลองยางที่ทำการหมุนจะได้ไม่เกิดการส่าย และเมื่อออกแบบเครื่องสำเร็จแล้วก็ได้ทำการสร้างเครื่อง และทำการกลึงสเปเซอร์โดยทำสองแบบคือแบบ 4 รูและ 5 รูเพื่อที่จะได้ใส่ได้ทั้งล้อแบบ 4 และ 5 รู จากนั้นก็ได้ทำการติดตั้งมอเตอร์เพื่อทำการหมุนล้อยางและทำการสร้างฐานติดตั้งล้อ และเลเซอร์ขึ้นมาโดยทำการวัดระดับที่เหมาะสมที่สุดในการติดตั้งล้อ และเลเซอร์ หลังจากนั้นได้ทำการศึกษาการเขียนโปรแกรมเพื่อรับภาพจากกล้องเพื่อนำมาประมวลผลเมื่อได้ทำการศึกษาแล้วจึงทำการเขียนโปรแกรมเพื่อรับภาพและนำภาพที่ได้มาทำการประมวลผล

5.1 สรุปผลการทดลอง

ในการทำการออกแบบการทดลองทางผู้จัดทำได้ออกแบบการทดลองออกเป็นสองกรณีคือการทดลองด้วยวิธีการสุ่มเฟรม และวิธีการจับเวลาต่อรอบ ซึ่งวิธีการสุ่มเฟรมจะสุ่มจำนวนเฟรมที่ 200,400,600,800,1000 และ 1500 เฟรมส่วนวิธีการจับเวลาต่อรอบนั้นจะใช้เวลาต่อรอบที่ 2,7,4,6,8,10,15 และ 18 วินาทีต่อรอบ ซึ่งทั้งสองวิธีก็ใช้หลักการประมวลผลแบบเดียวกัน ซึ่งเมื่อได้ผลการทดลองแล้วจะนำมาเปรียบเทียบกับค่าที่วัดได้จริงจากบุคคลซึ่งพบว่าค่าที่ได้จากการทดลองด้วยวิธีการสุ่มเฟรมมีเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดที่แน่นอน ซึ่งมาจากการนำค่าจากเฟรมภาพเดิมมาประมวลผลทำให้ค่าที่ได้จากการวัดมีเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดมีค่าใกล้เคียงกันและค่าที่ได้จากการทดลองด้วยวิธีจับเวลาต่อรอบนั้นพบว่าการรับภาพของกล้อง OKER รุ่น HD 720 p ในช่วงเวลาที่ 10-15 วินาทีเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดน้อยเนื่องจากจำนวนเฟรมที่รับมาประมวลผลมีความละเอียดและไม่ซ้ำจุดเดิมทำให้เปอร์เซ็นต์มีค่าเข้าใกล้ความจริงมากที่สุดทำให้ค่าความผิดพลาดน้อย

5.2 ปัญหาที่พบในการทดลอง

สำหรับปัญหาที่พบในการทดลองคือเมื่อทำการทดลอง ถ้ามีบุคคลอื่นมาทำการสัมผัสกับฐานตั้งล้อและเลเซอร์จะทำให้ค่าที่ได้จากการทดลองเกิดการคลาดเคลื่อนโดยวิธีแก้ไขคือจะต้องทำการสอบเทียบกับโปรแกรมใหม่อีกครั้งค่าก็จะกลับมามีค่าเหมือนเดิม

5.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางการพัฒนา

สำหรับข้อเสนอแนะและแนวทางการพัฒนาคือ จากที่ผู้จัดทำได้ไปทำการแสดงผลงาน ทางผู้จัดทำพบว่าผู้เข้าร่วมชมงาน ให้ความสนใจในผลงานมาก ซึ่งจะมีการสอบถามและมีข้อเสนอแนะต่างๆ เช่น สามารถทำการพัฒนาเพื่อตรวจวัดหน้ายางเพื่อดูค่าความบวมของยาง หรือเขียนโปรแกรมเพื่อทำการสแกนหน้ายางเพื่อตรวจสอบวันเดือนปีที่ผลิตได้หรือไม่ หรือตรวจสอบค่าความยืดหยุ่นของยางรถยนต์ได้ไม่ในกรณีที่ร่องยางยังลึกอยู่

ซึ่งทางผู้จัดทำก็ได้นำข้อเสนอแนะดังกล่าวมาทำการวิเคราะห์เพื่อคิดแนวทางในการพัฒนาต่อไป ซึ่งแนวทางการพัฒนา คือพัฒนาการเขียน โปรแกรมเพื่อตรวจวัดหน้ายางดูค่าความบวมของยางหรือเขียนโปรแกรมเพื่อทำการสแกนหน้ายาง เพื่อตรวจสอบวันเดือนปีที่ผลิตโดยใช้เครื่องตรวจวัดค่าเปอร์เซ็นต์การสึกหรอของยางรถยนต์นี้ เป็นต้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- [1] Watcharin Kaewapichai, Pakorn Kaewtrakulpong and Asa Prateepasen, “**A Real-Time Automatic Inspection System for Pattavia Pineapples**”, *Engineering Materials* Vol. 321-323 (2006) pp 1186-1191
- [2] นางสาวสิมิตัน อาศัยพานิชย์, ดร.ฐิติวรรณ ศรีนาค, “**Automatic Fish Measurement and Classification System using Video Image Analysis**”, ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- [3] Frank Storbeck, Berent Daan, “**Fish species recognition using computer vision and a neural network**”, *Fisheries Research*, Vol. 51 (2001) pages 11-15, Elsevier.
- [4] Inthuset, S., Nunak, N., and Suesut, T. 2009. “**Fish Size Measurement by Computer Vision using Laser Light Sectioning**”. School of Agricultural Engineering, Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima, Thailand.
- [5] Nunak N, Sukkasem N, Suesut T, “**Volume measurement of some selected vegetables and fruits using Laser-Light sectioning**”, การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทยครั้งที่ 12, ประจำปี .2554
- [6] www.maxxis.com/Repository/Files/tire_damage.pdf
- [7] ศรายุทธ อินทุเศรษฐ. การวัดขนาดวัตถุสามมิติโดยการใช้แสงเลเซอร์แบ่งส่วนวัตถุ [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม] กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ; 2553.
- [8] Peter Schalk, Paul O’Leary, Ronald Ofner and Anton Gfrerrer, “**Measuring and Analyzing Cross-Sectional Profiles of Rotating Objects Using Light Sectioning**”, *IEEE Transaction on instrumentation and Measurement*, Volume 57 No. 10 (2008) page 2329–2338
- [9] Beverly D. Bradley, Adrian D.C. Chan, M. John D. Hayes , “**A Simple, Low Cost, 3D Scanning System Using the Laser Light-Sectioning Method**”, *I²MTC 2008 – IEEE International Instrumentation and Measurement Technology Conference* Victoria, Canada, May 12–15, 2008

- [10] ภูวคณ โขติจิอนันต์, สันติชัย แสนรงค์, สิทธิโชค แสงอุไร. เครื่องคัดขนาดแบบอัตโนมัติด้วยเทคนิค
ลำแสงเลเซอร์ตัดขวาง [ปริญญาานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม]
กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง; 2552.
- [11] นพรัตน์ สุขเกษม, “การวัดปริมาตรผักและผลไม้ด้วยวิธีลำแสงเลเซอร์ตัดขวาง”. [วิทยานิพนธ์ปริญญา
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม] กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอม
เกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง; 2554.
- [12] Suesut, T. 2006. **Assignment of measurement of 3D-Objects**. Institute for Automation, University
of Leoben, Austria.
- [13] Inthuset, S., Nunak, N., and Suesut, T. 2009. “**Fish Size Measurement by Computer Vision using
Laser Light Sectioning**”. School of Agricultural Engineering, Suranaree University of Technology,
Nakhon Ratchasima, Thailand.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลประวัติผู้วิจัย

ประวัติส่วนตัว

ชื่อ-สกุล รศ.ดร.ทวีพล ชื่อสัตย์.....

เพศ ชาย หญิง วันเดือนปีเกิด 18 เมษายน 2515 อายุ 41 ปี

สถานภาพ โสด สมรส

ตำแหน่งปัจจุบัน ผู้ช่วยศาสตราจารย์

ประวัติการศึกษา

ชื่อย่อปริญญา	สาขา	สถาบันที่จบ	ปีที่จบ
วศ.บ.	วิศวกรรมการวัดคุม	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง	2539
วศ.ม	วิศวกรรมไฟฟ้า	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง	2541
Dr.Mont	Automation Engineering	University of Leoben, Austria	2551

สาขาที่ชำนาญพิเศษ

- การออกแบบเครื่องจักรและระบบโรงงานอัตโนมัติ
- การวัดคุมทางอุตสาหกรรม
- การวัดและทดสอบ
- ระบบตรวจสอบด้วยมาชีนวิชั่น ประยุกต์ใช้งานในอุตสาหกรรมการผลิต อุตสาหกรรมอาหาร

ประสบการณ์ภาคอุตสาหกรรม

- ที่ปรึกษาในการออกแบบ สร้างเครื่องตรวจสอบคุณภาพของตัวเก็บประจุกำลังในโรงงานพานาโซนิคมัสซึชิตะประเทศไทย จำกัด
- ที่ปรึกษาในการออกแบบ ติดตั้งระบบควบคุมอัตโนมัติในโรงงานเครื่องระยองพานอล
- ที่ปรึกษาในการออกแบบติดตั้งระบบแสดงผลแจ้งการทำงานในโรงงานฮอนด้าด้านแมนูแฟคเจอร์ประเทศไทย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลงานทางวิชาการ

ตำรา

1. ทวีพล ชื้อสตัย 2545, การวิจัยดำเนินงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 178 หน้า
2. นวภัทรา หนูนาค และ ทวีพล ชื้อสตัย, 2555, การวัดและเครื่องมือวัด ประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร. คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 316 หน้า
3. บุทธพงษ์ ทัพผดุง, ชีระวัฒน์ หนูนาค, ทวีพล ชื้อสตัย และ นวภัทรา หนูนาค 2555, การใช้เทคโนโลยีกล้องถ่ายภาพความร้อนอย่างมืออาชีพ, วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์, 120 หน้า

ผลงานที่ได้รับการตีพิมพ์ (International Publications)

- N.Nunak and T.Suesut, "Measuring geometric mean diameter of fruit and vegetable using computer vision", *Songklanakarin Journal Science Technology* 2010, มี impact factor

ผลงานวิชาการ International Proceeding

Selected Presentations

- Navaphattra Nunak and Taweeapol Suesut, "Design of an Instrument for Concentration Control of Sugar Solution during Osmotic Process", International Conference on Precision Instrumentation and Measurement, Kiryu, Japan, 17th – 20th March, 2010
- Navaphattra Nunak, Teerawat Nunak and Taweeapol Suesut, "Identification of Thermal Distribution in Liquid during Ohmic Heating Process by Infrared Thermography", International Conference on Precision Instrumentation and Measurement, Kiryu, Japan, 17th – 20th March, 2010
- Navaphattra Nunak and Taweeapol Suesut, "Evaluation of White Shrimp Freshness during Iced Storage by Computer Vision", International Conference on Precision Instrumentation and Measurement, Kiryu, Japan, 17th – 20th March, 2010
- Navaphattra Nunak and Taweeapol Suesut, "Fish Species Sorting and Size Estimation using Laser Light Sectioning", International Conference on Precision Instrumentation and Measurement, Kiryu, Japan, 17th – 20th March, 2010

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Navaphattra Nunak and **Taweepol Suesut**, “Electrical Conductivity of Bonito Tuna during Ohmic Thawing”, International Conference on Innovations in Agricultural, Food and Renewable Energy Productions for Mankind, Nakhon Ratchasima, Thailand, 1st – 3rd April, 2009
- Nunak N. and **Taweepol S.** (2007). Measuring Geometric Mean Diameter of Fruit and Vegetable using Computer Vision. “PSU-UNS International Conference on Engineering and Environment-ICEE-2007”, 10-11. May 2007, Phuket.
- **Taweepol Suesut** and Banchar Mongkhoin, “Demand Forecasting Approach Inventory Control for CIMS” , 2004 8th International Conference on Control, Automation, Robotics and Vision, Kunming,China, 6-9 December 2004
- **T.Suesut**, P.Inban, P.Nilas, P.Rerngerun and S.Gulphanich, “Interpretation Petri Net model to IEC 1131-3:LD For Programmable Logic Controller”, 2004 IEEE Conference on Robotics, Automation and Mechatronics, Singapore, 1-3 December, 2004
- **T.Suesut**, V.Tipsuwanporn, P.Nilas, P. Rerngereun and A.Numsonran, “Multi-level Contract Net Protocol based on Holonic Control system Implement to Industrial Network”, 2004 IEEE Conference on Robotics, Automation and Mechatronics, Singapore, 1-3 December, 2004
- **Taweepol Suesut**, Sathit Intajag and Prapas Roeruen, “Design of Automatic Warehouse and Inventory control under HMS concept”, ICCAS 2004 International Conference on Control, Automation and Systems, Bangkok, Thailand 25-27 August, 2004
- Phonphithak, P.Pannil, **T.Suesut**, R. Masuchun and P. Julsereewong, “Self-Tuning PID Controller Based on PLC”, ICCAS 2004 International Conference on Control, Automation and Systems, Bangkok, Thailand 25-27 August, 2004
- **T.Suesut**, P.Inban, A.Numsomran and V.Tipsuwanporn, “Redundant System based PLC Network for High Priority Process”, ICCAS 2003 International Conference on Control, Automation and Systems, Gyeongju, Korea 22-25 October, 2003
- **T.Suesut**, C. Hankarjonsook, N.Tammarugwattana and K.Tirasesth, “Internet Based for Computer Integration Manufacturing System”, ICCAS 2003 International Conference on Control, Automation and Systems, Gyeongju, Korea 22-25 October, 2003

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- V.Tipsuwanporn, J.Anotaiadikoon, S.Gulpanich, V.Kongratana and T.Suesut, “Automation Cleaning Reverse Osmosis System based on Computer Analysis”, PSE Asia 2002 International Symposium on Design, Operation and Control of Chemical Process, Taipei, Taiwan 4-6 December, 2002
- T. Suesut, V.Tipsuwanporn, S.Gulphanich, J.Rodcumtui and P. Sukprasert, “A Design of Automatic Warehouse for Internet Based System”, 2002 IEEE International Conference on Industrial Technology, Bangkok, Thailand 11-14 December, 2002
- V.Tipsuwanporn, A.Sangrayub, T. Suesut, A. Numsomran and S.Gulphanich, “Development of PLC Fiber-optic Network for Redundant System”, 2002 IEEE International Conference on Industrial Technology, Bangkok, Thailand 11-14 December, 2002
- Taweepol Suesut, Viriya Kongratana, Vittaya Tipsuwanporn and Suphan Kulphanich, “ A Technique to Expand the I/O of the PLC Using Remote I/O module” , The 14 th Korea Automatic Control Conference, pp E-61 –64, Korea OCT 1999
- T.Suesut , P.Rerngruen, V.Tipsuwanporn, S.Kulphanich and S.Chuenarom, “ Design of the PLC network Using Remote I/O module Application for A multi grup of machine”, The 3rd Asian Control Conference pp2818-2821, Shanghai, China, July 2000

ทุนวิจัยที่เคยได้รับ

หัวหน้าโครงการวิจัย

- การออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์ตรวจสอบเนื้อสัมผัสและความเค็มของแมงกะพรุนดอง(ปีพ.ศ. 2552)
- การออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์วัดการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางไฟฟ้า คุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางเคมีของน้ำกระเจียบในระหว่างกระบวนการให้ความร้อน (ปีพ.ศ.2552)

ผู้ร่วมโครงการวิจัย

- การออกแบบและพัฒนาเครื่องขจัดน้ำออกจากไซโป้วหลังกระบวนการล้าง (ปีพ.ศ.2552)
- การศึกษาหาวิธีแก้ปัญหาสภาพหัวเหลืองของกุ้งแดงหลังละลาย (ปีพ.ศ.2552)
- การพัฒนาระบบการแปรรูปขิงผงแบบอัตโนมัติในระหว่างกระบวนการระเหยน้ำ (ปีพ.ศ.2552)

งานวิจัยที่เคยได้รับ

- การออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์ตรวจสอบเนื้อสัมผัสและความเค็มของแมงกะพรุนดอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- แหล่งทุน: โครงการ IRPUS สกว. ฝ่ายอุตสาหกรรม ประจำปี 2552
- การออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์วัดการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางไฟฟ้า คุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติทางเคมีของน้ำกระเจี๊ยบในระหว่างกระบวนการให้ความร้อน
- แหล่งทุน: โครงการ IRPUS สกว. ฝ่ายอุตสาหกรรม ประจำปี 2552
- การศึกษาหาวิธีแก้ปัญหาสภาพหัวเหลืองของกุ้งแดงหลังละลาย
- แหล่งทุน: โครงการ IRPUS สกว. ฝ่ายอุตสาหกรรม ประจำปี 2552
- การพัฒนาระบบการแปรรูปจิงผงแบบอัตโนมัติในระหว่างกระบวนการระเหยน้ำ
- แหล่งทุน: โครงการ IRPUS สกว. ฝ่ายอุตสาหกรรม ประจำปี 2552
- การผลิตน้ำมันระเหยจากกระบวนการแปรรูปจิงผงในระหว่างกระบวนการระเหยน้ำ
- แหล่งทุน: โครงการ IRPUS สกว. ฝ่ายอุตสาหกรรม ประจำปี 2552

งานวิจัยที่กำลังทำ

- ชื่อโครงการ การวัดค่าสัมประสิทธิ์การแผ่รังสีอินฟราเรดในอุปกรณ์จำหน่ายไฟฟ้าของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (หัวหน้าโครงการ)
- แหล่งทุน การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค 2553
- ชื่อโครงการ การออกแบบเครื่องมือวัดความเข้มข้นและพัฒนาระบบควบคุมในกระบวนการแปรรูปอาหารด้วยวิธีออสโมติก (หัวหน้าโครงการ)
- แหล่งทุน สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ 2552

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลประวัติผู้วิจัย

ประวัติส่วนตัว

ชื่อ-สกุล ผศ.ดร. นวภัทรา หนูนาคน

เพศ ชาย หญิง วันเดือนปีเกิด 07 กันยายน 2519 อายุ 36 ปี

สถานภาพ โสด สมรส

ตำแหน่งปัจจุบัน ผู้ช่วยศาสตราจารย์

ประวัติการศึกษา

ชื่อย่อปริญญา	สาขา	สถาบันที่จบ	ปีที่จบ
วศ.บ.	วิศวกรรมเกษตร	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า- เจ้าคุณทหารลาดกระบัง	2542
M.Eng.	Post-Harvest and Food Process Engineering	Asian Institute of Technology	2545
Dr.Nat.tech	Food Technology	University of Natural Resources and Applied Life Sciences, Vienna, Austria	2549

สาขาวิจัยที่มีความชำนาญพิเศษ Food Properties (Mechanical, Optical, Thermal and Textural Properties),
Measurement and Instruments in Food Processing, Hygienic Design of Food Processing Equipment

ตำรา

- นวภัทรา หนูนาคน และ ทวีพล ชื่อสัตย์. 2555. การวัดและเครื่องมือวัด ประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร. คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 316 หน้า

ผลงานวิชาการ

International Journals

- Nunak N. and Schleining G. (2011). Instrumental Textural Changes in Raw White Shrimp during Iced Storage. Journal of Aquatic Food Product Technology, 20, 4, 350-360

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Pimpen Pornchaloempong Panmanas Sirisomboon and **Navapattra Nunak**. 2011. Mass-Volume-Area properties of frozen Skipjack tuna. *International Journal of Food Properties* Available online: 12 Feb 2011
- **N.Nunak** and T.Suesut. (2010). Measuring geometric mean diameter of fruits and vegetables using light sectioning method. *Songklanakarin Journal Science Technology*
- **Nunak N.** and Schleining G. (2006). A rapid blade cutting method for the evaluation of osmotic dehydration of apples and potatoes. *Journal of Texture Studies*, 37, 1, 80-92
- Jarimopas B., Nunak T., and **Nunak N.** (2005). Electronic device for measuring volume of selected fruit and vegetables. *Postharvest Biology and Technology*, 35, 25-31

National Journals

- นวภัทรา หนูนาค และ อมรรัตน์ มุขประเสริฐ, “จลนศาสตร์การถ่ายเทมวลในระหว่างกระบวนการออสโมติกไซโป้วหวาน”, *วิศวกรรมสาร มช.*, ปีที่ 38, ฉบับที่ 1, มกราคม-มีนาคม 2554
- นวภัทรา หนูนาค, “ปัจจัยและกระบวนการเบื้องต้นที่มีผลต่ออัตราการถ่ายเทมวลของชิ้นอาหารในระหว่างกระบวนการออสโมติก”, *วารสารวิจัยและพัฒนา มจร.*, ปีที่ 32, ฉบับที่ 1, มกราคม-มีนาคม 2552

Selected Proceedings

- **Navaphattra Nunak** and Kiattisak Roonprasang, “Use of Electrical Conductivity to Monitor Gel Forming of Soft-Tofu, Hanoi, Vietnam, 3rd-4th March, 2011
- **Navaphattra Nunak** and Taweepol Suesut, “Design of an Instrument for Concentration Control of Sugar Solution during Osmotic Process”, *International Conference on Precision Instrumentation and Measurement, Kiryu, Japan, 17th – 20th March, 2010*
- **Navaphattra Nunak**, Teerawat Nunak and Taweepol Suesut, “Identification of Thermal Distribution in Liquid during Ohmic Heating Process by Infrared Thermography”, *International Conference on Precision Instrumentation and Measurement, Kiryu, Japan, 17th – 20th March, 2010*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **Navaphattra Nunak** and Taweepol Suesut, “Evaluation of White Shrimp Freshness during Iced Storage by Computer Vision”, International Conference on Precision Instrumentation and Measurement, Kiryu, Japan, 17th – 20th March, 2010
- **Navaphattra Nunak** and Taweepol Suesut, “Fish Species Sorting and Size Estimation using Laser Light Sectioning”, International Conference on Precision Instrumentation and Measurement, Kiryu, Japan, 17th – 20th March, 2010
- **Navaphattra Nunak** and Taweepol Suesut, “Electrical Conductivity of Bonito Tuna during Ohmic Thawing”, International Conference on Innovations in Agricultural, Food and Renewable Energy Productions for Mankind, Nakhon Ratchasima, Thailand, 1st – 3rd April, 2009
- **Navaphattra Nunak**, Taweepol Suesut, and Sarayut Inthuset, “Fish Size Measurement by Computer Vision using Laser Light Sectioning”, International Conference on Innovations in Agricultural, Food and Renewable Energy Productions for Mankind, Nakhon Ratchasima, Thailand, 1st – 3rd April, 2009
- **N.NUNAK** and **G.SCHLEINING**, “Evaluation of the water transfer in osmotically dehydrated fruit and vegetables using TA-XT2”, International Conference on Agricultural, Food and Biological Engineering & Post Harvest/ Production Technology, 21 – 24 January 2007, pp.
- **Schleining, G. and Nunak, N.** A rapid texture measurement method to determine the mass transfer in osmotically dehydrated plant products. In: Pedro Fito and Fidel Toldra: Intrafood 2005: Innovations in Traditional foods, 25-28 October, Valencia; Conference Proceedings, Vol 1, 261-264; Elsevier, London; ISBN 84-9705-880-1.