

การคัดแยกพฤติกรรมโคโดยไดนามิกส์ไทม์วอร์ปิง

กฤษตานน ประเทพา

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

กรกฎาคม 2560

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม



การคัดแยกพฤติกรรมโคโดยไดนามิกส์ไทม์วอร์ปิง

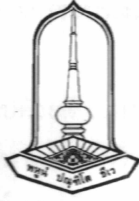
กฤตานน ประเทพา

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

กรกฎาคม 2560

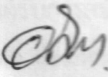
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม






คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของนายฤตตานัน ประเทพา
แล้วเห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม


คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


.....
(ผศ.ดร.อดิโรก จันตะคุณ)

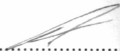
ประธานกรรมการ
(ผู้ทรงคุณวุฒิ)


.....
(รศ.ดร.อนันท์ อูร์โสภณ)

กรรมการ
(อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก)



.....
(รศ.ดร.วรวัดน์ เสี่ยมวิบูล)


กรรมการ
(อาจารย์บัณฑิตศึกษาประจำคณะ)


.....
(ผศ.ดร.ณัฐวุฒิ สุวรรณทา)

กรรมการ
(อาจารย์บัณฑิตศึกษาประจำคณะ)

มหาวิทยาลัยอนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ ของมหาวิทยาลัย
มหาสารคาม


.....
(รศ.ดร.อนงค์ฤทธิ์ แข็งแรง)
คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์


.....
(ศ.ดร.ประดิษฐ์ เทอดทูล)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ ๒๑ เดือน ก.ค. พ.ศ. 2560



กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี เนื่องจากบุคคลหลายท่านได้กรุณาช่วยเหลือให้ข้อเสนอแนะ คำปรึกษา แนะนำ ความคิดเห็น และกำลังใจแก่ผู้เขียน

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.อภิรัตน์ อรุโสภา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อดิเรก จันตะคุณ, ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ณัฐวุฒิ สุวรรณทา และ รองศาสตราจารย์ ดร.วรวัฒน์ เสี่ยงมิบูล ที่ได้ให้แนวคิดความรู้ทางวิชาการ ตรวจสอบวิทยานิพนธ์ทุกขั้นตอน ตลอดจนกำลังใจแก่ผู้วิจัย ซึ่งเป็นผลให้ผู้วิจัยมีความสามารถในการทำ และพัฒนางานวิจัยได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ขอขอบคุณเพื่อนนักศึกษาปริญญาโท และปริญญาเอก ผู้เป็นกำลังใจทุกท่าน

โครงการวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากเงินทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2560 มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ท้ายสุดนี้ ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ที่ได้ช่วยส่งเสริมสนับสนุนกระตุ้นเตือน และเป็นกำลังใจตลอดมา

กฤตานน ประเทพา



ชื่อเรื่อง	การตัดแยกพฤติกรรมโคโดยไดนามิกส์ใหม่เวอร์บปีง		
ผู้วิจัย	นายกฤตานน ประเทพา		
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร. อภินันท์ อูร์โสภณ		
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต	สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
มหาวิทยาลัย	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม	ปีที่พิมพ์	2560

บทคัดย่อ

การพัฒนาเครื่องมือสำหรับสังเกตพฤติกรรมของโค เพื่อช่วยเกษตรกรผู้เลี้ยงในกรณีที่มีโคจำนวนมากหรือดูแลไม่ทั่วถึง มีอยู่หลายวิธีแต่มีข้อจำกัดทางด้านเทคนิคและวิธีการตัดแยกพฤติกรรม รวมถึงการนำเครื่องมือไปติดตั้งในสถานการณ์จริง

ดังนั้นงานวิจัยนี้ได้พัฒนาระบบคัดแยกพฤติกรรม เป็นระบบสมองกลฝังตัวสำหรับวัดพฤติกรรม มีลักษณะเป็นสายคล้องคอ ประกอบด้วยเซนเซอร์ความเร่งสามแกน ไมโครคอนโทรลเลอร์ และโมดูลสื่อสารไร้สาย สัญญาณความเร่งสัมพันธ์กับพฤติกรรมที่ได้จากการวัดถูกส่งไปยังคอมพิวเตอร์ เพื่อตัดแยกพฤติกรรมด้วยวิธีการไดนามิกส์ใหม่เวอร์บปีง ด้วยการเปรียบเทียบอนุกรมเวลาระหว่างสัญญาณความเร่งที่ต้องการตัดแยกกับสัญญาณอ้างอิงของแต่ละกลุ่มพฤติกรรม ผลลัพธ์ที่ได้คือกลุ่มของคะแนนความคล้ายคลึงกัน โดยที่คะแนนต่ำสุด ถูกใช้สำหรับบ่งชี้พฤติกรรมโค ประสิทธิภาพของระบบ ได้ถูกเปรียบเทียบกับวิธีการสังเกตด้วยคน ผลจากการวิจัยพบว่ามีความถูกต้องของการตัดแยกพฤติกรรม ยืนยัน 100% นอน 100% เดิน 99% และกินหญ้า 99%

คำสำคัญ : เซนเซอร์วัดความเร่ง; การสังเกตพฤติกรรมโค; ไดนามิกส์ใหม่เวอร์บปีง



TITLE Classification of cattle behavior using Dynamic Time Warping
AUTHOR Krittanon Prathepha
ADVISER Assoc. Prof. Apinan Aurasopon
DEGREE Master degree **MAJOR** Electrical Engineering
UNIVERSITY Maharakham University **YEAR** 2017

ABSTRACT

There are many ways to developing tools for monitoring the cattle behavior in order to help the farmers in the case of many cattle and unable to monitor all the time, but there are limited in technical issues and inaccurate classification methods.

This research was aimed to develop the classification algorithm by using dynamic time warping. The accelerometer signal was collected by using accelerometer attached on cow’s collar which related to the cattle movement and compared with reference signal of each behavior which consists of standing, lying, walking and grazing. The data were the group of scores which the lowest one will specify each cattle behavior which compared with human observation. The maximum accuracy of each behavior, including standing, lying, walking and grazing was of 100%, 100%, 99% and 99%, respectively.

Keywords: accelerometer; cattle behavior observation; dynamic time warping



สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพประกอบ	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ภูมิหลัง	1
1.2 ความมุ่งหมายของการวิจัย	3
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับการวิจัย	3
1.5 แผนการดำเนินงานวิจัย	4
1.6 สถานที่ทำการวิจัย	5
1.7 นิยามศัพท์	5
บทที่ 2 ปรีทัศน์เอกสารข้อมูล	6
2.1 การเลี้ยงโค	6
2.2 การสังเกตสุขภาพของโค	8
2.3 การใช้เทคโนโลยีทางอิเล็กทรอนิกส์เข้ามาช่วยในการสังเกตพฤติกรรมของโค	12
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	24
3.1 การติดตั้งอุปกรณ์	24
3.2 ระบบการวัด	25
3.3 กระบวนการคัดแยกพฤติกรรม	26
3.4 การคัดแยกพฤติกรรมโคด้วยไดนามิกส์ไทม์วอร์ปิง	38
บทที่ 4 การทดลองและผลการวิจัย	40
4.1 กระบวนการคัดแยกพฤติกรรมโคโดยไดนามิกส์ไทม์วอร์ปิง	40
4.2 การจำลองระบบที่นำเสนอ	45
4.3 การคัดแยกพฤติกรรมโคในสถานการณ์จริง	47
บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	50
5.1 ผลการคัดแยกพฤติกรรมของโคโดยไดนามิกส์ไทม์วอร์ปิง	50
5.2 ข้อเสนอแนะ	50



	หน้า
เอกสารอ้างอิง	51
ภาคผนวก	54
ภาคผนวก ก คุณสมบัติอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์	55
ภาคผนวก ข การใช้งานอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์	59
ภาคผนวก ค โปรแกรมและการทดลอง	62
ประวัติย่อผู้วิจัย	65



สารบัญตาราง

	หน้า
ตาราง 2.1 ความแม่นยำในการคัดแยกแต่ละพฤติกรรม	20
ตาราง 2.2 ผลการเปรียบเทียบความถูกต้องแม่นยำของวิธีคัดแยกพฤติกรรมโค	22
ตาราง 3.1 การวิเคราะห์สัญญาณของแต่ละกลุ่มพฤติกรรม	31
ตาราง 4.1 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องในการคัดแยกพฤติกรรมโคของระบบที่นำเสนอ	49



สารบัญภาพประกอบ

		หน้า
ภาพประกอบ	2.1 ลักษณะการเลี้ยงแบบยืนโรง	7
ภาพประกอบ	2.2 ลักษณะการเลี้ยงโคแบบปล่อยทุ่ง	8
ภาพประกอบ	2.3 ความผิดปกติทางร่างกายของโค	9
ภาพประกอบ	2.4 โคที่มีความผิดปกติซึ่งไม่ได้รับการรักษาอย่างทันที่	9
ภาพประกอบ	2.5 ลักษณะโคปกติ	10
ภาพประกอบ	2.6 ลักษณะโคที่มีความผิดปกติ	11
ภาพประกอบ	2.7 การสังเกตพฤติกรรมโคโดยใช้คน	11
ภาพประกอบ	2.8 ส่วนประกอบภายในระบบสมองฝิ่งตัว	12
ภาพประกอบ	2.9 กราฟแสดงการนอนของโคระหว่างเครื่องมีอวัดและใช้คนสังเกต	13
ภาพประกอบ	2.10 ตำแหน่งติดตั้งระบบสมองฝิ่งตัว	14
ภาพประกอบ	2.11 กราฟแสดงข้อมูลที่ได้จากเซนเซอร์	14
ภาพประกอบ	2.12 ส่วนประกอบภายในระบบสมองฝิ่งตัว	15
ภาพประกอบ	2.13 อนุกรมเวลาขณะที่โคกำลังเดิน	15
ภาพประกอบ	2.14 เปรียบเทียบความแปรปรวนระหว่างโคที่ทดลองโดยใช้เซนเซอร์ความเร่ง และโคที่เจ็บขา.....	15
ภาพประกอบ	2.15 ระบบการคัดแยกพฤติกรรม	16
ภาพประกอบ	2.16 ตำแหน่งติดตั้งระบบสมองฝิ่งตัว	17
ภาพประกอบ	2.17 สัญญาณในแกน Y ของแต่ละพฤติกรรม	17
ภาพประกอบ	2.18 ตำแหน่งติดตั้งระบบสมองฝิ่งตัว	18
ภาพประกอบ	2.19 ต้นไม้ตัดสินใจ	18
ภาพประกอบ	2.20 ระยะทางการเดินของโคระหว่างการวัดด้วยเซนเซอร์และ GPS	19
ภาพประกอบ	2.21 ตำแหน่งติดตั้งระบบสมองฝิ่งตัว	19
ภาพประกอบ	2.22 ตำแหน่งติดตั้งระบบสมองฝิ่งตัว	21
ภาพประกอบ	2.23 ขั้นตอนที่ 1 ไตอะแกรมการแยกสัญญาณในแต่ละวิธี	21
ภาพประกอบ	2.24 ขั้นตอนที่ 2 บล็อกไตอะแกรมการคัดแยกพฤติกรรมของโค	21
ภาพประกอบ	3.1 ตำแหน่งติดตั้งระบบสมองฝิ่งตัว	25
ภาพประกอบ	3.2 บล็อกไตอะแกรมภาคส่ง	25
ภาพประกอบ	3.3 บล็อกไตอะแกรมภาครับ	26
ภาพประกอบ	3.4 ขั้นตอนการแปลงสัญญาณ	27



ภาพประกอบ 3.5	สัญญาณกลุ่มพฤติกรรมการยืนนิ่ง	28
ภาพประกอบ 3.6	สัญญาณกลุ่มพฤติกรรมการนอน	28
ภาพประกอบ 3.7	สัญญาณกลุ่มพฤติกรรมการเดิน	29
ภาพประกอบ 3.8	สัญญาณกลุ่มพฤติกรรมการกินหญ้า	30
ภาพประกอบ 3.9	การหาผลต่างของสัญญาณ	33
ภาพประกอบ 3.10	การเปรียบเทียบสัญญาณในเมตริกซ์ D	34
ภาพประกอบ 3.11	คำนวณคอลัมน์ที่หนึ่งของเมตริกซ์ D	34
ภาพประกอบ 3.12	คำนวณแถวที่หนึ่งของเมตริกซ์ D	35
ภาพประกอบ 3.13	คำนวณแถวที่สองของเมตริกซ์ D	35
ภาพประกอบ 3.14	คำนวณแถวที่เหลือของเมตริกซ์ D	36
ภาพประกอบ 3.15	เส้นทางที่เปลี่ยนแปลงของการเปรียบเทียบสัญญาณ	36
ภาพประกอบ 3.16	คะแนนความคล้ายคลึงของสัญญาณ	37
ภาพประกอบ 3.17	ระบบการคัดแยกพฤติกรรมด้วยวิธีไดนามิกส์ใหม่เวอร์บปีง	39
ภาพประกอบ 4.1	สัญญาณอ้างอิงกลุ่มพฤติกรรมยืนนิ่งและสัญญาณปัจจุบัน	40
ภาพประกอบ 4.2	การทดสอบพฤติกรรมยืนนิ่ง	45
ภาพประกอบ 4.3	การทดสอบพฤติกรรมนอน	46
ภาพประกอบ 4.4	การทดสอบพฤติกรรมเดิน	46
ภาพประกอบ 4.5	การทดสอบพฤติกรรมกินหญ้า	47
ภาพประกอบ 4.6	กลุ่มของแต่ละพฤติกรรม และจำนวนครั้งของพฤติกรรมของโคตัวที่ 1	48
ภาพประกอบ 4.7	กลุ่มของแต่ละพฤติกรรม และจำนวนครั้งของพฤติกรรมของโคตัวที่ 2	49
ภาพประกอบ ก.1	แสดงโมดูลใช้งานเซนเซอร์ความเร่ง ADXL 335	56
ภาพประกอบ ก.2	แสดงพล็อตของ PIC16F88	57
ภาพประกอบ ก.3	ลักษณะของ Xbee Pro Series 1	58
ภาพประกอบ ข.1	แสดงการกำหนดค่าการใช้งานของ Xbee	60
ภาพประกอบ ข.2	แสดงการกำหนดค่า xbee ให้เป็น Coordinator และ End Device	61
ภาพประกอบ ค.1	แสดงโพล์ชาร์ตโปรแกรมคัดแยก	63
ภาพประกอบ ค.2	แสดงโพล์ชาร์ตโปรแกรมคัดแยก (ต่อ)	64



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ภูมิหลัง

โคเป็นสัตว์เศรษฐกิจ เนื่องจากทำรายได้สูงให้เกษตรกรผู้เลี้ยง และมีความต้องการบริโภคทั้งในและต่างประเทศ ปัจจุบันจึงมีการทำฟาร์มจำนวนมากเพื่อเลี้ยงและจำหน่ายโค [1] โดยทั่วไปการเลี้ยงโคมีสองรูปแบบคือ 1) แบบยืนโรง และ 2) แบบปล่อยทุ่ง ข้อดีของการเลี้ยงแบบยืนโรงคือเกษตรกรสามารถดูแลสุขภาพโคได้ทั่วถึงเพราะโคถูกเลี้ยงอยู่ในบริเวณโรงเรือน และมีบริเวณขอบเขตจำกัด เมื่อโคเริ่มมีอาการเจ็บป่วย ทำให้เกษตรกรสามารถแยกตัวออกได้ทันที เพื่อป้องกันการแพร่กระจายเชื้อโรค อย่างไรก็ตามการเลี้ยงลักษณะนี้ เกษตรกรต้องใช้ต้นทุนสูงในการสร้างโรงเรือน ในขณะที่การเลี้ยงแบบปล่อยทุ่ง โคจะถูกปล่อยลงแปลง สำหรับแทะเล็มหญ้า ข้อดีคือโคได้ออกกำลังกาย ทำให้กล้ามเนื้อแข็งแรง และสามารถเลี้ยงโคได้ปริมาณมาก ในขณะที่ข้อเสียเมื่อโคเกิดอาการเจ็บป่วย เกษตรกรไม่สามารถทราบได้ ทำให้เกิดความล่าช้าในการรักษา ผลกระทบจากความผิดปกติของสุขภาพโคได้แก่คุณภาพของเนื้อโคไม่ได้มาตรฐาน ผลผลิตที่ได้น้อยลง แพร่เชื้อไปยังโคตัวอื่น และทำให้โคตาย [2]-[3]

เพื่อให้ได้ผลผลิตที่ดี เกษตรกรจึงต้องหมั่นตรวจตราสุขภาพโค การสังเกตสุขภาพโคทำได้สองวิธีคือ 1) สังเกตจากสรีระได้แก่ สังเกตความผิดปกติทางผิวหนัง หู ตา จมูก ปาก ขาและกีบเท้า ข้อดีคือสามารถวินิจฉัยโรคได้อย่างถูกต้อง อย่างไรก็ตามวิธีนี้จำเป็นต้องใช้บุคลากรมีความรู้ ความชำนาญ และ 2) สังเกตจากพฤติกรรมของโค ได้แก่ พฤติกรรมการกินหญ้า ยืน เดินและนอน ถึงแม้ว่าวิธีนี้จะไม่สามารถวินิจฉัยโรคได้โดยตรง แต่ข้อมูลพฤติกรรมที่ได้ก็สามารถนำมาใช้ดูแลสุขภาพโคเบื้องต้นได้ [2] อย่างไรก็ตามเนื่องจากการเลี้ยงในระบบฟาร์มมีโคจำนวนมาก ทำให้การใช้แรงงานคนในการสังเกตสุขภาพทำได้ยาก ดังนั้นจึงมีการประยุกต์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ช่วยในการสังเกต [4]-[14] การสังเกตสุขภาพโดยใช้เซนเซอร์ แบ่งเป็นสองกลุ่มคือ 1) วัดอัตราการเต้นของหัวใจ และจากอุณหภูมิ [4] อย่างไรก็ตามเทคนิคนี้ ยากต่อการใช้งานจริงในทางปฏิบัติ เพราะต้องสร้างชุดสวมใส่สำหรับติดตั้งเซนเซอร์วัดและกลุ่มที่ 2) วัดเวลาของพฤติกรรม เช่น เวลาของพฤติกรรมเดินแทะเล็มหญ้า ยืนนิ่งและนอน

การใช้เซนเซอร์สำหรับวัดพฤติกรรมโคแบ่งเป็นสองกลุ่ม คือ 1) ติดตั้งระบบวัดที่ขาโค งานวิจัย [5] นำระบบสมองกลฝังตัว (Embedded System) ซึ่งประกอบด้วยเซนเซอร์ความเร่งสามแกน (3-axis accelerometer) ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) และเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สาย (Wireless sensor network) ติดที่ขาโค สังเกตค่าความแปรปรวนในแกน Y เพื่อสังเกตพฤติกรรมการนอน งานวิจัย [6] สร้างเซนเซอร์วัดหัวเข่าสำหรับตรวจสอบพฤติกรรมโค เพื่อสังเกตพฤติกรรมการดำรงชีวิตของโค งานวิจัย [7] นำระบบสมองกลฝังตัวติดที่ขาด้านหลังของโค ใช้วิธีการประเมินระดับ



ความเจ็บปวด (Lameness score) และคำนวณทางสถิติ เพื่อศึกษาพฤติกรรมการนอน และประเมินอาการเจ็บขา งานวิจัย [8] นำระบบสมองกลฝังตัวติดที่ขาโคทั้ง 4 ขา คำนวณค่าความแปรปรวนของแกน X Y และ Z เพื่อคัดแยกพฤติกรรมการเดินระหว่างโคปกติและโคที่เจ็บขา และงานวิจัย [9] นำระบบสมองกลฝังตัวติดที่ขาด้านหลังของโค คำนวณค่าความแปรปรวนรวมในแกน Y เพื่อคัดแยกพฤติกรรมเดินทะเล็มหญ้า ยืนนิ่งและนอน ดังจะเห็นว่าการใช้เซนเซอร์ความเร่งติดตั้งที่ขาโคนั้น ทำให้ง่ายต่อการนำสัญญาณ X Y และ Z สำหรับวิเคราะห์คัดแยกพฤติกรรม หรือคัดแยกความผิดปกติของโค อย่างไรก็ตามวิธีการนี้ยากต่อการใช้งานจริงในทางปฏิบัติ และอาจทำให้ระบบสมองกลฝังตัวได้รับความเสียหายได้และ 2) ติดตั้งที่คอโค งานวิจัย [10] ใช้สายรัดประกอบด้วยระบบสมองกลฝังตัวติดที่คอโค ใช้วิธีเร่งความเข้มตัวรับส่งสัญญาณ (Received signal strength) และต้นไม้ตัดสินใจ (Decision tree) เพื่อวัดระยะทางการเดิน งานวิจัย [11] สวมปลอกคอที่มีเซนเซอร์ความเร่งอยู่ใน และใช้วิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (Support vector machine) เพื่อแบ่งแยกกลุ่มพฤติกรรมกินหญ้า เคี้ยวเอื้อง เดิน ยืน และนอน งานวิจัย [12] นำระบบสมองกลฝังตัวติดที่คอโค ใช้วิธีการคำนวณทางสถิติ และวิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน เพื่อแบ่งแยกกลุ่มพฤติกรรมและคาดการณ์การนอนของลูกโค งานวิจัย [13] ใช้ปลอกคอบรรจุด้วยระบบสมองกลฝังตัว และเซนเซอร์ความชื้นสนามแม่เหล็กติดที่คอโค ใช้วิธีการคำนวณทางสถิติ และต้นไม้ตัดสินใจ เพื่อคัดแยกพฤติกรรมกินหญ้า เคี้ยวเอื้อง เดินและนอน และงานวิจัย [14] ใช้ปลอกคอบรรจุด้วยระบบสมองกลฝังตัวติดที่คอหมู และใช้โครงข่ายประสาทเทียม (Neural network) เพื่อคัดแยกพฤติกรรมกิน ขุดคุ้ยอาหาร เดินและนอน ข้อดีการใช้เซนเซอร์ติดที่คอสามารถติดตั้งได้ง่าย อย่างไรก็ตามความถูกต้องในการคัดแยกพฤติกรรมต่ำ เนื่องจากสัญญาณในแกน X Y และ Z ในแต่ละพฤติกรรมมีความคล้ายคลึงกัน จึงทำให้ต้องใช้วิธีการทางคณิตศาสตร์ที่ซับซ้อน

ดังที่กล่าวมาวิทยานิพนธ์นี้จึงเสนอการคัดแยกพฤติกรรมโค โดยใช้ไดนามิกส์ไทม์วอร์ปิง (Dynamic time warping) โดยที่ระบบการวัดถูกติดตั้งที่คอของโค ซึ่งประกอบด้วยเซนเซอร์ความเร่งสามแกน ไมโครคอนโทรลเลอร์ และเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สาย เมื่อโคเคลื่อนไหว สัญญาณความเร่งที่เปลี่ยนแปลงสัมพันธ์กับพฤติกรรม จะถูกส่งไปยังคอมพิวเตอร์ เพื่อเปรียบเทียบความคล้ายคลึงกันกับสัญญาณอ้างอิงของแต่ละกลุ่มพฤติกรรมที่ถูกเก็บไว้เป็นฐานข้อมูล ด้วยวิธีการไดนามิกส์ไทม์วอร์ปิง คะแนนความคล้ายคลึงกันที่ต่ำสุดที่ได้จากการเปรียบเทียบจะถูกใช้สำหรับบ่งชี้พฤติกรรมโคในปัจจุบัน จากวิธีการเสนอดังกล่าวทำให้ระบบสามารถคัดแยกพฤติกรรมโคได้อย่างถูกต้อง และใช้งานจริงได้ในทางปฏิบัติ



1.2 ความมุ่งหมายของการวิจัย

- 1.2.1 ประยุกต์ใช้งานระบบสมองกลฝังตัว
- 1.2.2 คัดแยกพฤติกรรมโคด้วยไดนามิกส์ใหม่เวอร์บปีง
- 1.2.3 นำข้อมูลที่ได้สำหรับใช้ในการสังเกตสุขภาพโค

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

- 1.3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
 - 1.3.1.1 โคที่ใช้ในการทดลอง คือ โคเลี้ยงแบบปล่อยทุ่งทั่วไป พันธุ์โฮลสไตน์ฟรีเซียน (Holstein Friesian) 2 ตัว
 - 1.3.1.2 อายุโคที่ใช้ในการทดลอง 1-5 ปี
- 1.3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
 - 1.3.2.1 ระบบสมองกลฝังตัวสำหรับสังเกตพฤติกรรมโค
 - 1.3.2.2 โปรแกรมคัดแยกข้อมูลพฤติกรรมของโค
- 1.3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล
 - 1.3.3.1 สังเกตพฤติกรรมโคในสภาพอากาศปลอดโปร่งไม่มีฝนตก
 - 1.3.3.2 เก็บข้อมูลแต่ละพฤติกรรมและคัดแยกพฤติกรรมโคทุกๆ 1 นาที

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

- 1.4.1 การคัดแยกพฤติกรรมโคด้วยไดนามิกส์ใหม่เวอร์บปีง สามารถคัดแยกพฤติกรรมได้ถูกต้อง แม่นยำ
- 1.4.2 เพิ่มประสิทธิภาพในการดูแลป้องกันสุขภาพของโคโดยไม่ต้องใช้คนเฝ้าสังเกต



1.5 แผนการดำเนินงานวิจัย

ตาราง 1.1 แสดงแผนการดำเนินงานวิจัย

กิจกรรม	ระยะเวลา (เดือน)					
	ส.ค.	ต.ค.	ธ.ค.	ก.พ.	เม.ย.	มิ.ย.
	– ก.ย.	– พ.ย.	– ม.ค.	– มี.ค.	– พ.ค.	– ก.ค.
1. ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องจากงานวิจัย เอกสาร บทความ	←→					
2. ออกแบบและสร้างระบบวัดเพื่อให้ สอดคล้องกับพฤติกรรมกรรมการดำรงชีวิตของโค	←→					
3. เขียนโปรแกรมสำหรับคัดแยกพฤติกรรม ด้วย MATLAB และทดสอบโปรแกรม		←→				
4. เก็บข้อมูลพฤติกรรมและทดลองกับโคใน ฟาร์ม			←→			
5. แก้ไขโปรแกรมให้สามารถคัดแยก พฤติกรรมให้ถูกต้องแม่นยำ			←→			
6. ทดลองกับโคในฟาร์มเพิ่มเติม				←→		
7. เปรียบเทียบข้อมูลเวลาของพฤติกรรม ระหว่างข้อมูลที่ได้จากระบบวัดกับการ สังเกตด้วยคน				←→		
8. สรุปผลการวิจัยและอภิปรายผล					←→	
9. จัดทำรายงานฉบับสมบูรณ์ และส่งผล งานวิจัยเพื่อพิจารณาการตีพิมพ์					←→	→



1.6 สถานที่ทำการวิจัย

สถานที่ทำการวิจัย : ศูนย์ถ่ายทอดเทคโนโลยีเกษตรกรรมเฉลิมพระเกียรติ (ฟาร์มมหาวิทยาลัยมหาสารคาม) ตำบลนาสีนวล อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม

1.7 นิยามศัพท์

เซนเซอร์วัดความเร่ง (Accelerometer) หมายถึง อุปกรณ์ที่ใช้วัด สำหรับสังเกตพฤติกรรมโค โดยที่ระบบประกอบด้วยสองส่วนคือ ระบบการวัด และระบบการตัดแยก

การตัดแยกพฤติกรรมโค (Cattle behavior observation) หมายถึง การเปรียบเทียบเวลาของพฤติกรรมการยืน นอน เดิน และกินหญ้า ของโคที่ใช้ประกอบการวิจัย

ไดนามิกส์ใหม่วอร์ปิง (Dynamic time warping) หมายถึง การใช้คอมพิวเตอร์หาการจับคู่ที่เหมาะสมของลำดับสองชุดได้ ภายใต้ข้อจำกัด



บทที่ 2

ปริทัศน์เอกสารข้อมูล

การเลี้ยงโคเพื่อให้ได้ผลผลิตที่ดี เกษตรกรต้องคำนึงถึงปัจจัยหลายอย่าง เช่น ที่อยู่อาศัย อาหาร สายพันธุ์ และปัจจัยที่สำคัญอีกอย่างคือสุขภาพของโค เกษตรกรสามารถดูแลสังเกตสุขภาพโคได้ สองลักษณะ คือ สังเกตจากสรีระ และสังเกตจากพฤติกรรมการดำรงชีวิตของโค เนื้อหาในบทนี้ผู้วิจัยจะอธิบายอย่างละเอียดในส่วนของรูปแบบการเลี้ยงโค การสังเกตสุขภาพของโค และวิธีการป้องกันสุขภาพโคโดยใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ตลอดจนสรุปข้อดีและข้อจำกัดจากงานวิจัยที่ผ่านมา

2.1 การเลี้ยงโค

ปัจจุบันเกษตรกรไทยเลี้ยงโคอย่างแพร่หลายทั้งจำหน่ายภายในประเทศและส่งออก โดยทั่วไป การเลี้ยงโคแบ่งได้เป็นสองลักษณะคือ 1) การเลี้ยงแบบยืนโรง และ 2) การเลี้ยงแบบปล่อยทุ่ง

2.1.1 การเลี้ยงแบบยืนโรง

โคจะถูกกักอยู่ในโรงเรือนตลอดเวลา ผู้เลี้ยงนำอาหารและหญ้ามาเลี้ยงถึงที่ เนื่องจากไม่ต้องการให้โคสูญเสียพลังงานกับการเดิน ช่วยให้ฉวยเร็ว การเลี้ยงในลักษณะนี้เหมาะสำหรับโคนมและโคขุน ข้อดีของการเลี้ยงแบบยืนโรง คือ การควบคุมดูแลสะดวก และใกล้ชิด เหมาะสำหรับการเลี้ยงโคพันธุ์ที่จำเป็นต้องดูแลใกล้ชิดเป็นพิเศษ หรือไม่สามารถปล่อยโคลงเลี้ยงในทุ่งหญ้าได้ เพราะไม่มีทุ่งหญ้าเพียงพอ และมีบริเวณจำกัด โรงเรือนอาจสร้างเพียงคอกขังเดียว แต่มีหลายๆคอกตามจำนวนโค ซึ่งแต่ละคอกควรมีขนาด กว้าง 2 เมตร ยาว 4 เมตร ดังแสดงในภาพประกอบ 2.1 หรืออาจเป็นคอกโล่งขนาดใหญ่เพื่อปล่อยร่วมกัน แต่ต้องมีขนาดโคที่อายุเท่ากัน อย่างไรก็ตามเกษตรกรต้องใช้ต้นทุนสูงในการสร้างโรงเรือน เนื่องจากจะต้องสร้างโรงเรือนที่ได้มาตรฐาน เปลืองแรงงานในการเลี้ยงดู และจะต้องจ่ายค่าอาหารมากพร้อมทั้งค่าวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการเลี้ยง รวมไปถึงต้องมีการทำความสะอาดโรงเรือน อย่างสม่ำเสมอทุกวัน เหมาะสำหรับไร่ปศุสัตว์ สำหรับโคจะไม่ได้ออกกำลังกาย และทำให้เนื้อโคมีแต่ไขมัน [2]-[3]





ภาพประกอบ 2.1 ลักษณะการเลี้ยงแบบยีนโรง

2.1.2 การเลี้ยงแบบปล่อยทุ่ง

เนื่องจากต้องใช้ต้นทุนสูงในการสร้างโรงเรือน และการเลี้ยงโค เกษตรกรส่วนใหญ่จึงหันมาเลี้ยงโคแบบปล่อยทุ่ง ซึ่งจะปล่อยโคลงไปตามทุ่งโล่งกว้าง หรือแปลงหญ้าที่จัดเตรียมไว้ เพื่อให้โคหาอาหารกินเองตามธรรมชาติ ในการเลี้ยงโคแบบปล่อยในแปลงหญ้านั้น ต้องใช้พื้นที่มากพอสมควรจึงจะเพียงพอต่อความต้องการของโค โดยทั่วไปจะใช้พื้นที่ประมาณ 5-6 ไร่ต่อโค 1 ตัว และจะต้องมีการดูแลแปลงหญ้าอยู่เสมอไม่ให้แปลงหญ้าโทรมจนเกินไป และควรสร้างที่สำหรับโคใช้หลบแดดด้วย เพื่อให้โคได้พักในร่มบ้าง หรืออาจใช้ในกรณีที่เลี้ยงโคพันธุ์ที่สามารถทนต่อสภาพอากาศได้ดี ดังแสดงในภาพประกอบ 2.2 ข้อดีของการเลี้ยงโคแบบนี้ เป็นวิธีที่ลงทุนน้อยที่สุด เพราะอาหารอาศัยเพียงหญ้าเท่านั้น จึงเหมาะกับเกษตรกรที่มีทุนน้อยหรือเพิ่งเริ่มต้นเลี้ยง สำหรับโคเนื่องจากการหาอาหารกินเอง จะทำให้กล้ามเนื้อได้ออกกำลังกาย ซึ่งทำให้เนื้อโคมีคุณภาพดี อย่างไรก็ตามเมื่อโคมีจำนวนมาก ไม่สามารถดูแลได้ทั่วถึง และทันทั่วทั้ง โดยเฉพาะกรณีโคเกิดการบาดเจ็บ หรือเกิดโรค อาจแพร่เชื้อสู่โคทั้งฝูงได้





ภาพประกอบ 2.2 ลักษณะการเลี้ยงโคแบบปล่อยทุ่ง

อย่างไรก็ตามการเลี้ยงโคในสองลักษณะข้างต้น มีข้อดีและข้อเสียที่แตกต่างกัน แต่เกษตรกรต้องดูแลสุขภาพโคเป็นอย่างดีเพื่อป้องกันโรคร้ายต่างๆที่จะเกิดขึ้นกับโค ดังนั้นการสังเกตสุขภาพของโคเป็นแนวทางสำหรับการวินิจฉัยโรค หรือสังเกตความผิดปกติของโค

2.2 การสังเกตสุขภาพของโค

เพื่อให้ได้ผลผลิตที่ดี เกษตรกรจึงต้องหมั่นตรวจตราสุขภาพโค เนื่องจากผลกระทบจากความผิดปกติของสุขภาพโค ได้แก่ คุณภาพของเนื้อโคไม่ได้มาตรฐาน ผลผลิตที่ได้้น้อยลง แพร่เชื้อไปยังโคตัวอื่น และทำให้โคตาย เกษตรกรสังเกตสุขภาพโคได้สองลักษณะ คือ 1) สังเกตจากสรีระ และ 2) สังเกตจากพฤติกรรมของโค

2.2.1 การสังเกตทางสรีระของโค

การสังเกตทางสรีระของโค แบ่งออกเป็นสองลักษณะ คือ 1) การสังเกตร่างกายภายนอกของโค เช่น สังเกตความผิดปกติทางผิวหนัง หู ตา จมูก ปาก ขาและกีบเท้า และ 2) สังเกตจากภายในร่างกาย เช่น อุณหภูมิร่างกาย การเต้นของหัวใจ [7] ความผิดปกติต่างๆที่เกิดขึ้นกับโคจะบ่งบอกโรคที่เกิดขึ้น ซึ่งต้องใช้สัตวแพทย์ หรือเกษตรกรที่มีความเชี่ยวชาญในการวินิจฉัยโรค แต่เนื่องจากบุคลากรมีจำกัด ทำให้การสังเกตทางด้านสรีระของโคทำได้ในกรณีที่โคมีจำนวนน้อย เหมาะสำหรับโคที่เลี้ยงในโรงเรือน



2.2.1.1 ความผิดปกติทางร่างกายของโคที่สามารถมองเห็นได้

ความผิดปกติลักษณะนี้จะเกิดขึ้นที่ร่างกายภายนอกของโค สามารถสังเกตได้ด้วยตาเปล่า ซึ่งโรคที่เกิดขึ้น ได้แก่ โรคปากเปื่อย โรคเท้าเปื่อย คอบวม และความผิดปกติที่บ่งบอกว่าเกิดโรค เช่น ซึม เบื่ออาหาร ชูบผอม [2]



(ก) โรคปากเปื่อย

(ข) โรคเท้าเปื่อย

ภาพประกอบ 2.3 ความผิดปกติทางร่างกายของโค

2.2.1.2 ความผิดปกติทางร่างกายของโคที่ไม่สามารถมองเห็นได้

ความผิดปกติลักษณะนี้จะเกิดขึ้นที่ร่างกายภายในของโค ไม่สามารถสังเกตได้ด้วยตาเปล่า ซึ่งโรคที่เกิดขึ้น ได้แก่ โรคท้องอืด โรคท้องร่วง จะทำให้อัตราการหายใจ และการไหลเวียนของเลือดผิดปกติไปจากเดิม ซึ่งลักษณะนี้จำเป็นต้องใช้เครื่องมือช่วยเพื่อให้สามารถรับรู้ถึงความผิดปกติ เช่น ใช้เครื่องวัดอัตราการเต้นของหัวใจ วัดอัตราการหายใจ และวัดอุณหภูมิภายในร่างกายโค [2]



ภาพประกอบ 2.4 โคที่มีความผิดปกติซึ่งไม่ได้รับการรักษาอย่างทันท่วงที

2.2.2 การสังเกตทางด้านพฤติกรรมและการดำรงชีวิตของโค

เนื่องจากโคมีจำนวนมาก การสังเกตพฤติกรรมโคเป็นอีกทางเลือก สำหรับการดูแลสุขภาพโค ซึ่งเกษตรกรสามารถตรวจตราสุขภาพโคได้ด้วยตนเอง เพื่อประเมินอาการบาดเจ็บ หรือโรคที่เกิดขึ้นกับโค โดยกรมปศุสัตว์ได้สรุปถึงพฤติกรรมโดยทั่วไปของโคอยู่สองลักษณะคือ 1) พฤติกรรมปกติของโค และ 2) พฤติกรรมที่ผิดปกติของโค [2] ซึ่งมีลักษณะดังนี้

2.2.2.1 พฤติกรรมปกติ

- 1) เมื่อปล่อยแปลง จะแทะเล็มหญ้าติดต่อกันประมาณ 1-3 ชั่วโมง แล้วหยุดนิ่ง (อาจยืนหรือนอน) ประมาณ 10-20 นาที จากนั้นเริ่มเคี้ยวเอื้อง ประมาณ 10-20 นาที แล้วก็แทะเล็มหญ้าสลับกันไป
- 2) เมื่ออยู่คอก จะเคี้ยวเอื้องและหยุดนิ่งสลับกันไป
- 3) ขณะหยุดนิ่งอาจยืนหรือนอน บางครั้งก็หลับตา แต่หูและหางยังคงกระดิกไล่แมลงตลอดเวลา
- 4) ในวันหนึ่ง ๆ โคจะดื่มน้ำ 3-4 ครั้ง ถ้าแปลงหญ้าไม่สมบูรณ์ วัวจะใช้เวลาแทะเล็มหญ้ามามากที่สุด
- 5) ปกติโคถ่ายอุจจาระวันละประมาณ 8 ครั้ง คือกลางวัน 5 ครั้ง กลางคืน 3 ครั้ง อุจจาระ หนักประมาณ 4-5% ของน้ำหนักตัว ลักษณะอุจจาระ ขึ้นอยู่กับชนิดของอาหารที่กิน



ภาพประกอบ 2.5 ลักษณะโคปกติ

2.2.2.2 พฤติกรรมเริ่มป่วย

- 1) เมื่อปล่อยแปลงจะยืนนิ่งใต้ต้นไม้ตลอดเวลา โดยไม่แทะเล็มหญ้าและเคี้ยวเอื้อง
- 2) ขณะอยู่ในคอกไม่เคี้ยวเอื้องเลย ไม่แกว่งหางไล่แมลง ยืนหรือนอนซึมตลอดเวลา ไม่ชอบเคลื่อนไหว



- 3) ปัสสาวะมีสีขุ่น หรือเหลืองเข้ม หรือเหลืองปนเขียว มีเลือดปน
- 4) อุจจาระเหลว สีแดงหรืออาจจะมีเลือดปน ถ่ายเป็นมูกหรือมีลักษณะเป็นเม็ด มีกลิ่นเหม็นมาก มีพยาธิปน



ภาพประกอบ 2.6 ลักษณะโคที่มีความผิดปกติ



ภาพประกอบ 2.7 การสังเกตพฤติกรรมโคโดยใช้คน

ในวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ผู้วิจัยจะเน้นไปที่การดูแลสุขภาพโคแบบปล่อยทุ่ง เนื่องจากเกษตรกรส่วนใหญ่หันมาเลี้ยงในลักษณะนี้ และเนื่องจากโคมีจำนวนมาก ทำให้จำนวนเกษตรกรมีไม่เพียงพอต่อการสังเกตสุขภาพโค ดังนั้นการใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เข้าไปช่วยสังเกตพฤติกรรมการดำรงชีวิตของโค จึงมีประโยชน์ต่อเกษตรกรโดยไม่ต้องใช้คนเฝ้าสังเกต

2.3 การใช้เทคโนโลยีทางอิเล็กทรอนิกส์เข้ามาช่วยในการสังเกตพฤติกรรมของโค

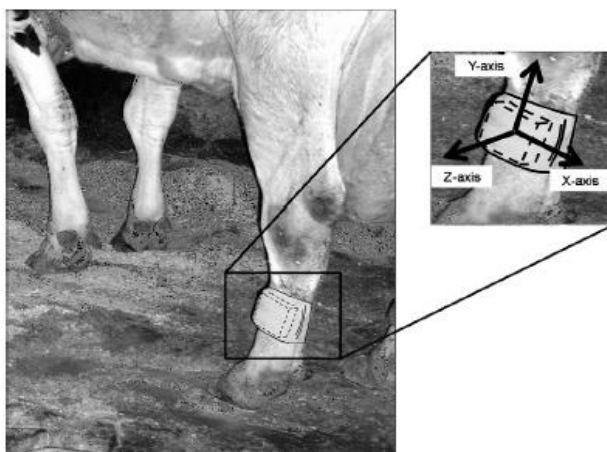
งานวิจัยที่ผ่านมา ที่ประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ โดยใช้ระบบฝังตัวสมองกลติดตามร่างกายของโค สำหรับวัดพฤติกรรมแบ่งเป็นสองกลุ่ม คือ 1) ติดตั้งระบบวัดที่ขา และ 2) ติดตั้งระบบวัดที่คอ

2.3.1 ติดตั้งระบบวัดที่ขา

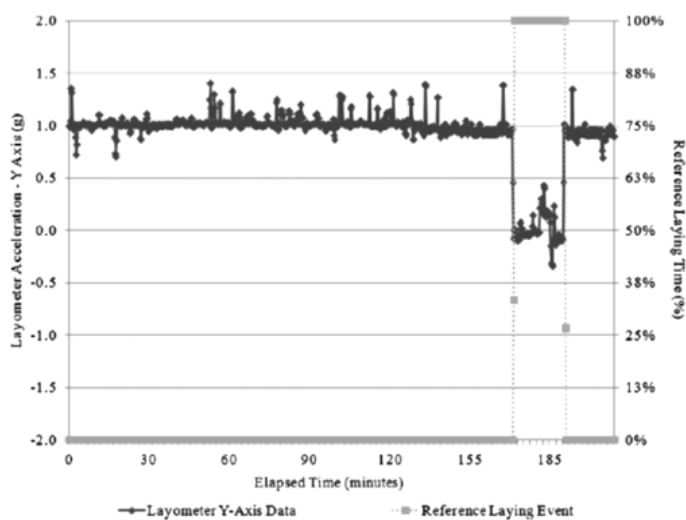
Darr & Epperson [5] ได้เสนอระบบสมองกลฝังตัว เพื่อใช้สังเกตพฤติกรรมการยืนและการนอนของโคนม โดยที่ระบบประกอบด้วยเซนเซอร์ความเร่ง 3 แกน ไมโครคอนโทรลเลอร์ หน่วยความจำถาวรและตัวส่งข้อมูลแบบไร้สาย ดังแสดงในภาพประกอบ 2.8 โดยที่ระบบสมองกลฝังตัวจะถูกติดตั้งที่ข้อขาหลังด้านซ้ายของโค สัญญาณจากเซนเซอร์ความเร่งที่แปรเปลี่ยนตามพฤติกรรมโคจะถูกส่งไปยังคอมพิวเตอร์ โดยผ่านตัวส่งข้อมูลแบบไร้สาย ข้อมูลที่ได้จะถูกแสดงในรูปของกราฟ และถูกนำไปใช้สำหรับวิเคราะห์พฤติกรรมดังแสดงในภาพประกอบ 2.9



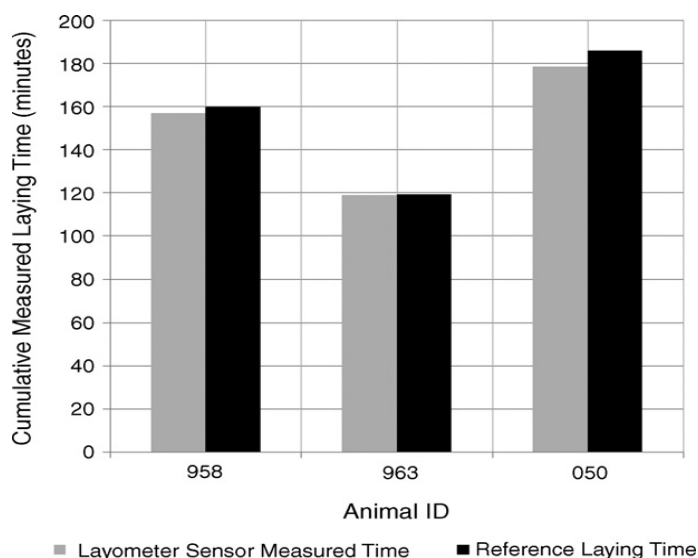
ภาพประกอบ 2.8 ส่วนประกอบภายในระบบสมองกลฝังตัว [5]



(ก)



(ข)



(ค)

ภาพประกอบ 2.9 (ก) ตำแหน่งติดตั้งระบบสมองกลฝังตัว (ข) ข้อมูลสัญญาณที่ได้จากชุดเซนเซอร์ (ค) กราฟแสดงการนอนของโคระหว่างเครื่องมือวัดและใช้คนสังเกต [5]

รัฐพล ดุลยะลา และคณะ [6] ได้เสนอชุดเซนเซอร์รัดหัวเข้าสำหรับตรวจสอบพฤติกรรมโค โดยที่ตัวเซนเซอร์เป็นลักษณะแกนหมุน เมื่อโคมีการเคลื่อนไหว จะทำให้ความต้านทานที่ติดอยู่แกนหมุนเปลี่ยนแปลงสัมพันธ์กับพฤติกรรมของโค สัญญาณพฤติกรรมจะถูกส่งข้อมูลไปยังคอมพิวเตอร์ผ่านการส่งสัญญาณข้อมูลแบบไร้สาย เพื่อวิเคราะห์พฤติกรรมของโคโดยแสดงในลักษณะกราฟ ภาพประกอบ 2.10 และ 2.11 แสดงตำแหน่งติดตั้งเซนเซอร์การวัด และสัญญาณพฤติกรรมโค



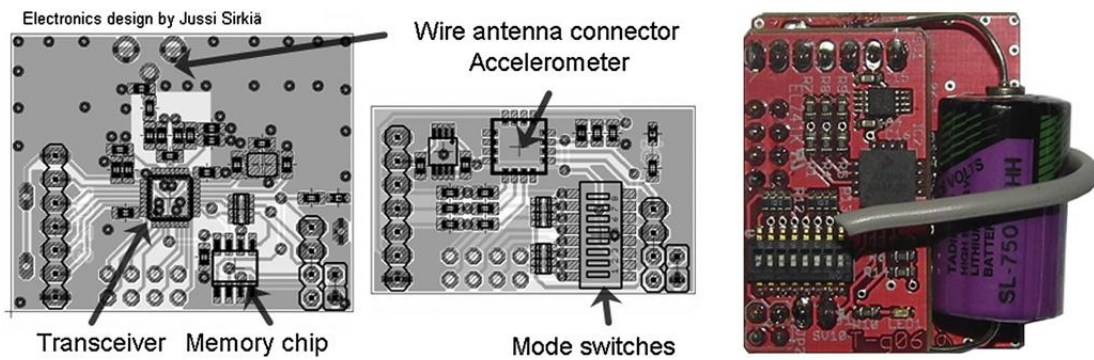


ภาพประกอบ 2.10 ตำแหน่งติดตั้งระบบสมองกลฝังตัว [6]

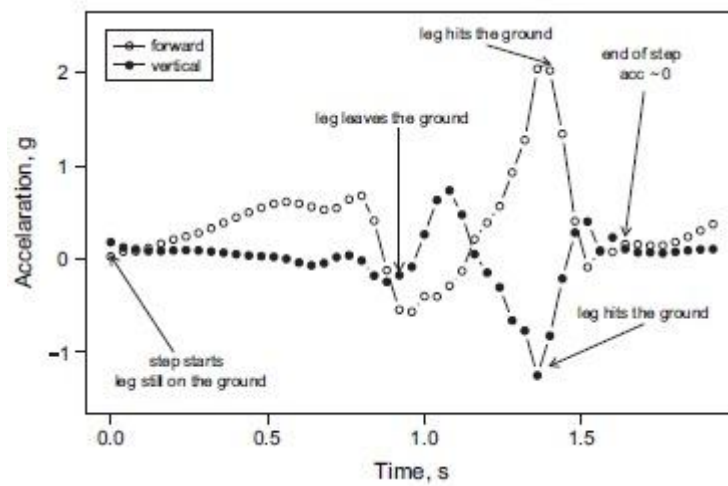


ภาพประกอบ 2.11 กราฟแสดงข้อมูลที่ได้จากเซนเซอร์ [6]

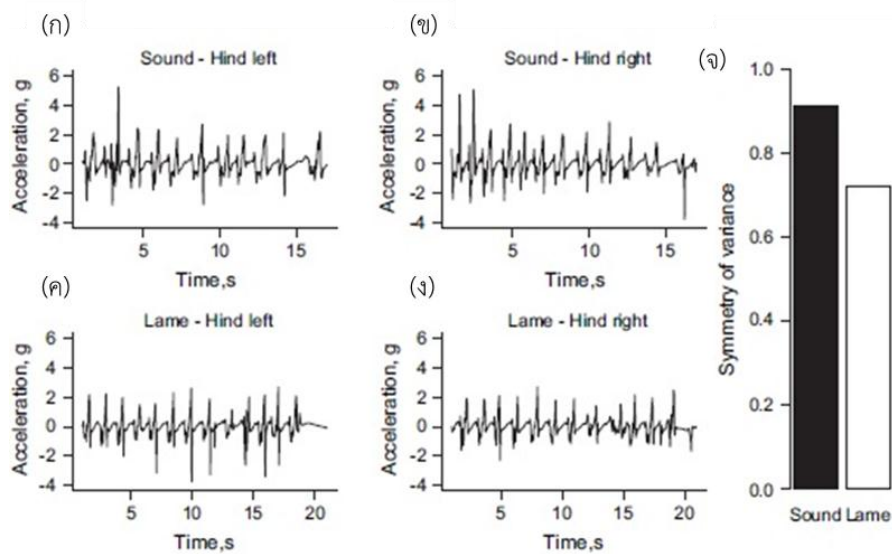
Charlton et al. [7] ประเมินระดับการเจ็บขา (Locomotion scores) ของโค 15 ตัวที่มีอาการเดินผิดปกติ เพื่อเก็บข้อมูล และใช้เซนเซอร์ความเร่ง 3 แกน ประกอบด้วยระบบการวัด และตัวส่งสัญญาณไร้สาย ดังแสดงในภาพประกอบ 2.12 ติดที่ขาวัวทั้ง 4 ขา สัญญาณจากความเร่งในแกนนอนและแกนตั้งจะเปลี่ยนแปลง ดังแสดงในภาพประกอบ 2.13 และสรุปผลโดยเปรียบเทียบความแปรปรวนระหว่างโคที่ทดลองโดยใช้เซนเซอร์ความเร่งและโคที่เจ็บขา ดังแสดงในภาพประกอบ 2.14



ภาพประกอบ 2.12 ส่วนประกอบภายในระบบสมองกลฝังตัว [8]

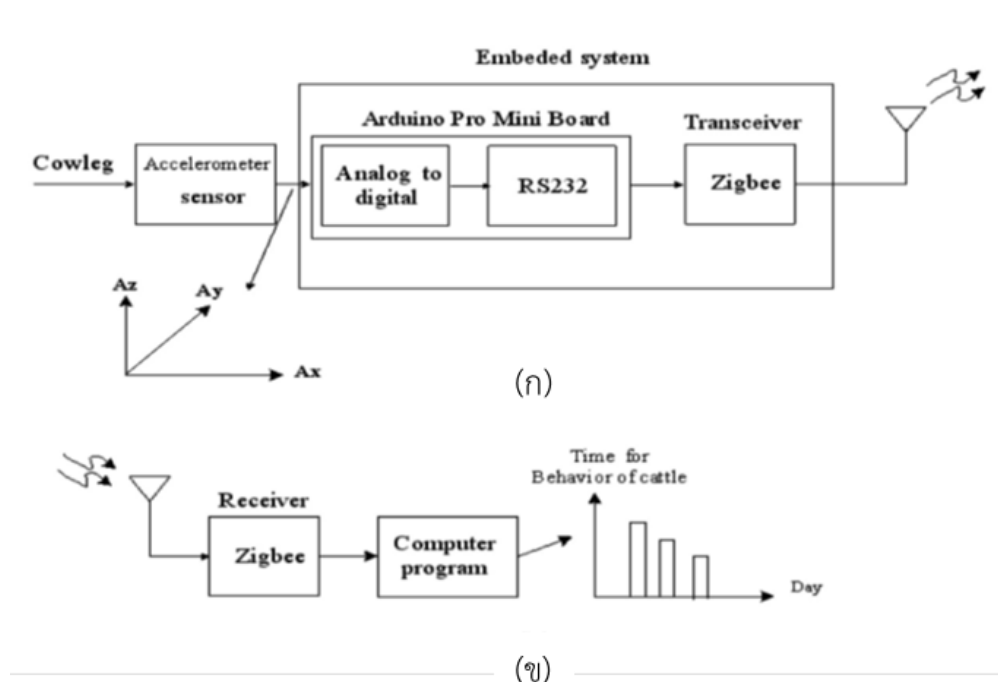


ภาพประกอบ 2.13 อนุกรมเวลาขณะทีโคกำลังเดิน [8]



ภาพประกอบ 2.14 (ก) ชาซ้าย, (ข) ชาขวาของอนุกรมเวลาที่วัดโดยเซนเซอร์ขณะโคเดิน (ค) ชาซ้าย, (ง) ชาขวาของอนุกรมเวลาของโคที่เจ็บขา (จ) เปรียบเทียบความแปรปรวนระหว่างโคที่ทดลองโดยใช้เซนเซอร์ความเร่งและโคที่เจ็บขา [8]

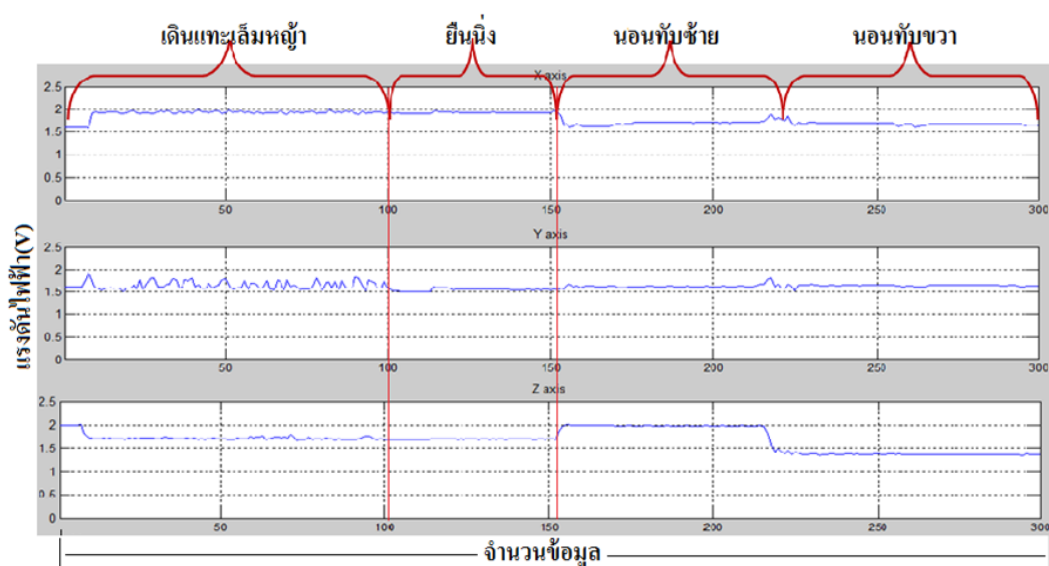
Kuankid et al. [9] นำระบบสมองกลฝังตัวติดที่ขาด้านหลังของโค ประกอบด้วยภาคส่งและภาครับ ดังแสดงในภาพประกอบ 2.15 ภาคส่งประกอบด้วย เซนเซอร์ความเร่ง ไมโครคอนโทรลเลอร์ และเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สาย โดยที่เซนเซอร์ความเร่งถูกใช้สำหรับวัดการเคลื่อนไหวของโค ซึ่งเอาต์พุตของเซนเซอร์อยู่ในรูปของแรงดันไฟฟ้าของทั้งสามแกนคือ แรงดันแกน X, Y และ Z ระดับแรงดันแต่ละแกนจะเปลี่ยนแปลงตามการเคลื่อนไหวของโค ซึ่งข้อมูลเอาต์พุตทั้งสามแกนจะถูกส่งไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อแปลงจากสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล แล้วทำการส่งข้อมูลไปยังอุปกรณ์ภาครับ โดยผ่านเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สาย ในขณะที่ภาครับ ประกอบด้วยเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายตัวรับเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ ดังแสดงในภาพประกอบ 2.16 สัญญาณข้อมูลที่ได้จะถูกนำเข้าสู่กระบวนการคัดแยกพฤติกรรม และสรุปผลจากค่าความแปรปรวนรวมในแกน Y เพื่อคัดแยกพฤติกรรมการเดินแทะเล็มหญ้า เดิน และนอนของโค ดังแสดงในภาพประกอบ 2.17



ภาพประกอบ 2.15 ระบบการคัดแยกพฤติกรรม (ก) ภาคส่ง และ (ข) ภาครับ [9]



ภาพประกอบ 2.16 ตำแหน่งติดตั้งระบบสมองฝังตัว [9]



ภาพประกอบ 2.17 สัญญาณในแกน Y ของแต่ละพฤติกรรม [9]

2.3.1.1 ข้อดีของการติดตั้งระบบวัดที่ขา

1) สัญญาณที่วัดได้จากแกน X Y และ Z แยกออกจากกันอย่างชัดเจนในแต่ละพฤติกรรม

- 2) สามารถคัดแยกความผิดปกติของโคและคัดแยกพฤติกรรมได้
- 3) สามารถใช้สังเกตพฤติกรรมของโคได้

2.3.1.2 ข้อจำกัดของการติดตั้งระบบวัดที่ขา

- 1) อุปกรณ์ที่ใช้มีขนาดใหญ่ ซึ่งทำให้โคเกิดความรำคาญ



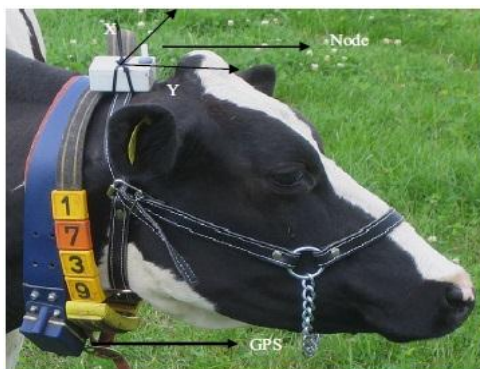
2) การติดตั้งในทางปฏิบัติเป็นไปได้ยาก โดยเฉพาะกรณีโคไม่เชื่อง และเป็นอันตรายต่อเกษตรกรได้

3) โคจะเกิดอาการบาดเจ็บที่ขา

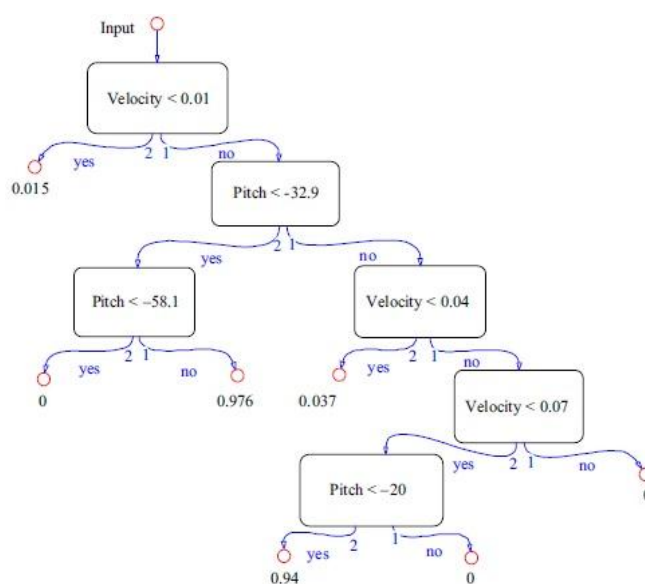
4) อุปกรณ์จะเกิดความเสียหาย เนื่องจากการนอนทับของโค

2.3.2 ติดตั้งระบบวัดที่คอ

Nadimi et al. [10] ใช้สายรัดประกอบด้วยระบบสมองกลฝังตัว และ GPS ติดที่คอโค ดังแสดงในภาพประกอบ 2.18 ใช้วิธีเร่งความเข้มตัวรับส่งสัญญาณ เพื่อให้ได้สัญญาณที่แม่นยำ ซึ่งประกอบด้วย ทิศทางของการรับสัญญาณ (Angle of arrival) โดยคำนวณจากตรีโกณมิติ และเวลาในการรับ-ส่งสัญญาณ (Time of arrival) ภาพประกอบ 2.19 และ 2.20 แสดงการใช้วิธีการต้นไม้ตัดสินใจ และเปรียบเทียบระหว่างการวัดด้วยเซนเซอร์กับ GPS

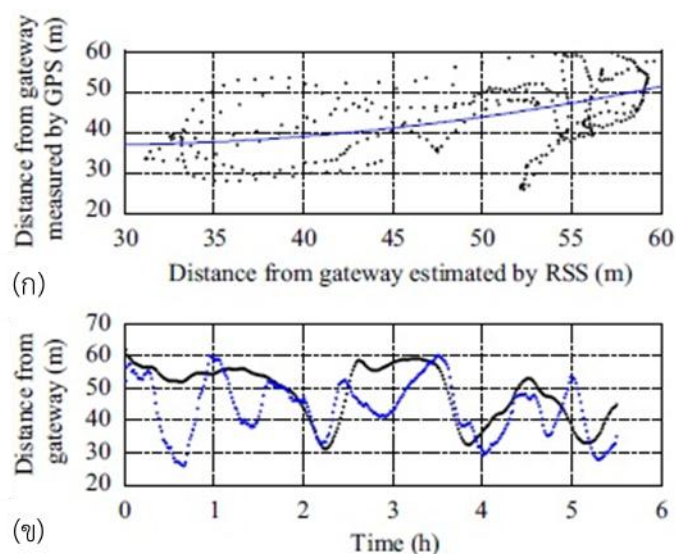


ภาพประกอบ 2.18 ตำแหน่งติดตั้งระบบสมองกลฝังตัว [10]



ภาพประกอบ 2.19 ต้นไม้ตัดสินใจ [10]





ภาพประกอบ 2.20 (ก) ระยะทางการเดินทางของโคระหว่างการวัดด้วยเซนเซอร์และ GPS (ข) อนุกรมเวลา ระหว่างเซนเซอร์และ GPS [10]

Martiskainen et al. [11] ใช้ปลอกคอที่มีเซนเซอร์ความเร่งอยู่ภายในดังแสดงใน ภาพประกอบ 2.21 สัญญาณที่วัดได้ในแต่ละแกนจะถูกนำไปคัดแยกแต่ละพฤติกรรม โดยวิธีซัพพอร์ต เวกเตอร์แมชชีน เพื่อแบ่งแยกกลุ่มพฤติกรรมกินหญ้า เคี้ยวเอื้อง เดิน ยืนและนอน โดยสรุปเป็นตาราง ประกอบด้วยความแม่นยำ ความไวและความจำเพาะ และความถูกต้องในการคัดแยกพฤติกรรม ดัง แสดงในตาราง 2.1



ภาพประกอบ 2.21 ตำแหน่งติดตั้งระบบสมองกลฝังตัว [11]

ตาราง 2.1 ความแม่นยำในการคัดแยกแต่ละพฤติกรรม [11]

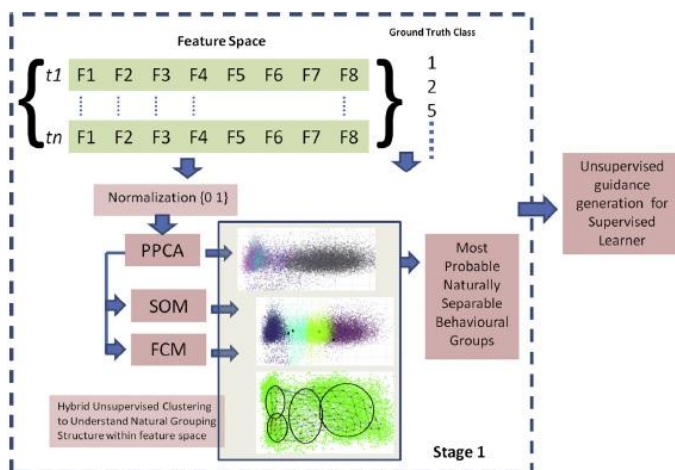
Behaviour	Model performance indicators			
	Accuracy ^a	Sensitivity ^b	Precision ^c	k
Standing	0.87±0.01	0.80±0.02	0.65±0.02	
Lying	0.84±0.01	0.80±0.01	0.83±0.02	
Ruminating	0.92±0.01	0.75±0.02	0.86±0.02	
Feeding	0.96±0.01	0.75±0.04	0.81±0.03	
Normal walking	0.99±0.00	0.79±0.07	0.79±0.07	
Lame walking	0.98±0.00	0.65±0.08	0.66±0.07	
Lying down	1.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	
Standing up	1.00±0.00	0.71±0.41	0.29±0.32	
Overall			0.78±0.01	0.69±0.02

Dutta et al. [13] ใช้ปลอกคอประกอบด้วยระบบสมองกลฝังตัว และเซนเซอร์ความเข้มสนามแม่เหล็กติดที่คอโค ดังแสดงในภาพประกอบ 2.22 วิธีการคัดแยกแบ่งเป็น 2 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนที่ 1) การแยกสัญญาณในแต่ละพฤติกรรม ประกอบด้วย FOC (Fuzzy c means) คือ การหาค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแต่ละพฤติกรรม, PPCA (Probabilistic principal component analysis) คือ คำนวณความน่าจะเป็นของข้อมูลที่วัดได้ เพื่อแยกสัญญาณในแต่ละพฤติกรรม และ SOM (The self-organizing map) คือ การแบ่งกลุ่มสัญญาณของแต่ละพฤติกรรม ดังแสดงในภาพประกอบ 2.23 และ ขั้นตอนที่ 2) การคัดแยกพฤติกรรมของโค ซึ่งจากข้อมูลในขั้นตอนที่ 1 จะถูกนำไปคัดแยกพฤติกรรมด้วยวิธีการต้นไม้ตัดสินใจ, LDA (Linear discriminant analysis classifier) คือ การพยากรณ์กลุ่มของพฤติกรรม, Naïve bayes classifier คือ การคัดแยกพฤติกรรมด้วยความน่าจะเป็น, kNN (k-Nearest neighbor) คือ การคัดแยกพฤติกรรมด้วยเงื่อนไขที่ใกล้เคียงที่สุด ดังแสดงในภาพประกอบ 2.24 สรุปผลโดยนำวิธีการในขั้นตอนที่ 2 มาเปรียบเทียบความถูกต้อง เพื่อคัดแยกพฤติกรรมการกินหญ้า เคี้ยวเอื้อง เดินและนอน พบว่าความถูกต้องเฉลี่ยที่ปรากฏมีค่าใกล้เคียงกัน คือ 93% 90% 93% และ 92% ดังแสดงในตาราง 2.2

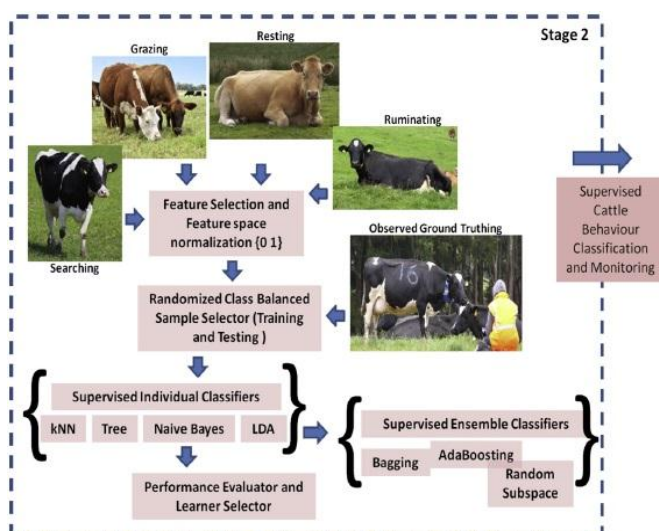




ภาพประกอบ 2.22 ตำแหน่งติดตั้งระบบสมองกลฝังตัว [13]



ภาพประกอบ 2.23 ขั้นตอนที่ 1 ไตอะแกรมการแยกสัญญาณในแต่ละวิธี [13]



ภาพประกอบ 2.24 ขั้นตอนที่ 2 บล็อกไตอะแกรมการคัดแยกพฤติกรรมของโค [13]

ตาราง 2.2 ผลการเปรียบเทียบความถูกต้องแม่นยำของวิธีคัดแยกพฤติกรรมโค (ก) ต้นไม้ตัดสินใจ (ข) Naïve Bayes (ค) kNN (ง) LDA [13]

Classification performance table for the Binary Tree supervised classifier.						
Behaviour class	Accuracy (%)	Specificity (%)	Sensitivity (%)	F1 score (%)	FDR (%)	(ก)
Grazing	94	83	96	84	15	
Searching	89	72	90	69	35	
Ruminating	96	87	98	89	8	
Resting	96	90	98	91	8	
Scratching etc.	89	68	92	69	31	
Average performance	93	80	95	80	19	
Classification performance table for the Naive Bayes supervised classifier.						
Behaviour class	Accuracy (%)	Specificity (%)	Sensitivity (%)	F1 score (%)	FDR (%)	(ข)
Grazing	92	89	93	82	23	
Searching	87	48	96	59	24	
Ruminating	91	89	91	79	28	
Resting	95	83	98	87	10	
Scratching etc.	84	62	89	60	41	
Average performance	90	74	94	73	25	
Classification performance table for the k-Nearest Neighbours supervised classifier.						
Behaviour class	Accuracy (%)	Specificity (%)	Sensitivity (%)	F1 score (%)	FDR (%)	(ค)
Grazing	94	89	96	86	16	
Searching	90	69	96	74	20	
Ruminating	94	92	95	86	18	
Resting	96	92	97	91	10	
Scratching etc.	90	72	94	74	24	
Average performance	93	83	96	82	17	
Classification performance table for the ensemble bagging with 'LDA' learner.						
Behaviour class	Accuracy (%)	Specificity (%)	Sensitivity (%)	F1 score (%)	FDR (%)	(ง)
Grazing	95	92	95	88	16	
Searching	89	65	95	70	24	
Ruminating	93	90	94	84	21	
Resting	95	84	98	88	8	
Scratching etc.	88	71	93	71	29	
Average performance	92	80	95	80	20	



2.3.2.1 ข้อดีของการติดตั้งระบบวัดที่คอ

- 1) สามารถติดตั้งได้ง่าย
- 2) สามารถใช้ฝ้าสังเกตพฤติกรรมของโคได้

2.3.2.2 ข้อจำกัดของการติดตั้งระบบวัดที่คอ

- 1) สัญญาณในแกน X Y และ Z มีความคล้ายคลึงกัน ทำให้บางช่วงเวลาเกิดความคลาดเคลื่อนของพฤติกรรมที่คัดแยก
- 2) ต้องใช้โมเดลทางคณิตศาสตร์ที่ซับซ้อนในการคัดแยกพฤติกรรม ทำให้ยากต่อการนำวิธีการคัดแยก โปรแกรมลงในระบบสมองกลฝังตัวที่มีหน่วยความจำจำกัด

จากงานวิจัยที่ผ่านมา ผู้วิจัยจึงได้มีแนวคิดในการประยุกต์ใช้เซนเซอร์ความเร่งสำหรับคัดแยกพฤติกรรมโค โดยที่ระบบการวัดถูกติดตั้งที่คอของโค สัญญาณความเร่งที่เปลี่ยนแปลงสัมพันธ์กับพฤติกรรม จะถูกส่งไปยังคอมพิวเตอร์ เพื่อเปรียบเทียบความคล้ายคลึงกันกับสัญญาณอ้างอิงของแต่ละกลุ่มพฤติกรรมที่ถูกเก็บไว้เป็นฐานข้อมูล ด้วยวิธีการไดนามิกส์ใหม่เวอร์ปปีง จากวิธีการเสนอดังกล่าวทำให้ระบบสามารถคัดแยกพฤติกรรมโคได้อย่างถูกต้อง ซึ่งผู้วิจัยจะได้อธิบายหลักการอย่างละเอียดในบทต่อไป



บทที่ 3

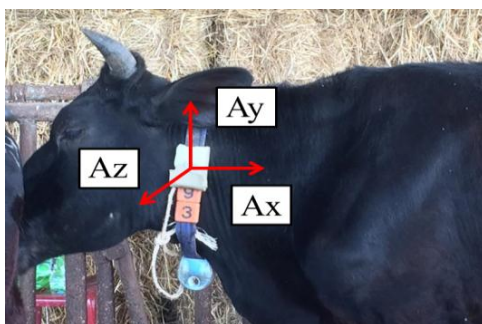
วิธีดำเนินการวิจัย

เนื้อหาในบทนี้ผู้วิจัยจะอธิบายรายละเอียดของระบบการคัดแยกพฤติกรรมโค ซึ่งแบ่งออกเป็น 4 ส่วนคือ 1) การติดตั้งอุปกรณ์ 2) ระบบวัดการวัดพฤติกรรมโค และ 3) กระบวนการคัดแยกพฤติกรรม 4) การคัดแยกพฤติกรรมโคด้วยไดนามิกส์ใหม่เวอร์ปิง

3.1 การติดตั้งอุปกรณ์

จากข้อจำกัดของงานวิจัยที่ผ่านมา [5]-[9] การติดตั้งระบบสมองกลฝังตัวที่ขาของโค แม้จะสามารถคัดแยกพฤติกรรมโคได้ถูกต้อง แต่เป็นไปได้ยากในทางปฏิบัติ เนื่องจากการติดที่ขาทำให้โคเกิดความรำคาญ เพราะอุปกรณ์มีขนาดใหญ่ และอาจทำให้ระบบสมองกลฝังตัวได้รับความเสียหายได้ เนื่องจากโคนอนทับ หรือเมื่อโคเดินในสภาวะแวดล้อมต่างๆ เช่น เดินในโคลน หรือขณะฝนตก ในขณะที่การติดตั้งระบบสมองกลฝังตัวที่บริเวณส่วนหัวของโค สัญญาณจากเซนเซอร์ความเร่ง ของแต่ละพฤติกรรมมีลักษณะคล้ายคลึงกัน ยากต่อการใช้ขนาดของสัญญาณสำหรับใช้เป็นตัวแปรคัดแยกพฤติกรรม ดังนั้นงานวิจัยที่ผ่านมา [10]-[14] จึงจำเป็นต้องใช้โมเดลทางคณิตศาสตร์ที่ซับซ้อน เช่น ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน หรือโครงข่ายประสาทเทียม การติดตั้งที่บริเวณส่วนหัวของโคมีหลายวิธี เช่น ติดบนหัว, ติดบริเวณคอด้านข้าง หรือห้อยคอ เนื่องจากการติดบนหัว และห้อยคอของโคนั้น ข้อเสีย คือ ระบบการวัดของแกน X, Y และ Z จะวัดได้เฉพาะในแกน Z ที่ตั้งฉากกับพื้นเท่านั้น และเมื่อพิจารณาจากพฤติกรรมการยืน เดิน และนอนของโค ทำให้สัญญาณที่วัดได้จากแกน X และ Y นั้นจะมีค่าใกล้เคียงกัน ดังนั้นผู้วิจัยจึงประยุกต์การใช้งานระบบสมองกลฝังตัว โดยทำการติดตั้งที่คอด้านข้างของโค ซึ่งสามารถติดตั้งทั้งคอทางด้านซ้ายและขวาของโค โดยแกน X ทำมุมขนานกับตัวโค แกน Y ทำมุมตั้งฉากกับตัวโค และแกน Z ทำมุมพุ่งออกจากตัวโค ดังแสดงในภาพประกอบ 3.1 และนำวิธีการไดนามิกส์ใหม่เวอร์ปิง ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบความคล้ายคลึงของสัญญาณ เพื่อคัดแยกพฤติกรรมให้ถูกต้อง





ภาพประกอบ 3.1 ตำแหน่งติดตั้งระบบสมองกลฝังตัวและทิศทางของเซนเซอร์ความเร่ง

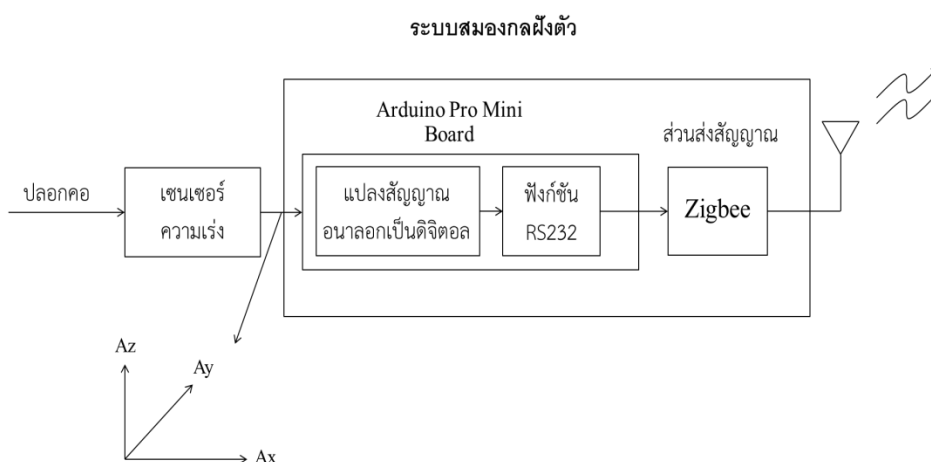
3.2 ระบบการวัด

ระบบสมองกลฝังตัวสำหรับวัดพฤติกรรมการดำรงชีวิตของโค ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ 1) ภาคส่ง และ 2) ภาครับ ซึ่งมีหลักการทำงานดังนี้

3.2.1 ภาคส่ง

ประกอบด้วยเซนเซอร์ความเร่งสามแกน X, Y และ Z, ไมโครคอนโทรลเลอร์ และตัวส่งสัญญาณไร้สาย Zigbee ดังแสดงในภาพประกอบ 3.2

หลักการทำงาน คือ เมื่อโคเกิดการเคลื่อนไหวจะทำให้แรงดันเอาต์พุต ในแต่ละแกนของเซนเซอร์ความเร่งเกิดการเปลี่ยนแปลง แรงดันนี้จะถูกส่งให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิทัล และทำการประมวลผลแล้วส่งไปยังเครือข่ายไร้สาย Zigbee เพื่อส่งต่อไปที่ภาครับ

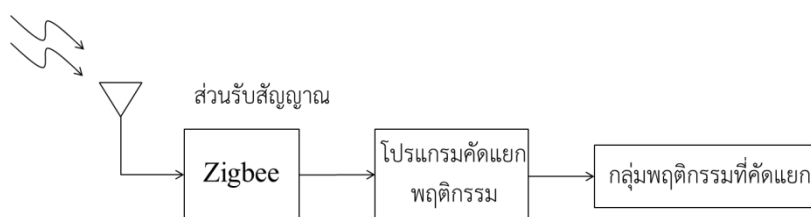


ภาพประกอบ 3.2 บล็อกไดอะแกรมภาคส่ง

3.2.2 ภาครับ

ประกอบด้วยตัวรับสัญญาณ และโปรแกรมคัดแยกพฤติกรรมโค ดังแสดงในภาพประกอบ 3.3

หลักการทำงาน คือ โมดูลเครือข่ายสื่อสารไร้สายตัวรับ ทำหน้าที่รับสัญญาณความถี่สามแกนที่สัมพันธ์กับพฤติกรรมโค สัญญาณเหล่านี้ถูกนำมาเข้าสู่กระบวนการคัดแยก โดยใช้วิธีไดนามิกส์ใหม่เวอร์บปีง ซึ่งผู้วิจัยจะอธิบายอย่างละเอียดในขั้นตอนต่อไป



ภาพประกอบ 3.3 บล็อกไดอะแกรมภาครับ

3.3 กระบวนการคัดแยกพฤติกรรม

เริ่มต้นพิจารณาสัญญาณเอาต์พุตของเซนเซอร์ความถี่ที่สัมพันธ์กับแต่ละพฤติกรรม เพื่อใช้เป็นแนวทางสำหรับการเลือกวิธีที่จะใช้สำหรับการคัดแยกพฤติกรรม โดยที่งานวิจัยนี้ใช้วิธีไดนามิกส์ใหม่เวอร์บปีงเพื่อเปรียบเทียบระหว่างสัญญาณความถี่ของโคที่ต้องการคัดแยก และสัญญาณอ้างอิงของแต่ละกลุ่มพฤติกรรม คะแนนต่ำสุดที่ได้จากการเปรียบเทียบจะถูกใช้สำหรับบ่งชี้พฤติกรรม โดยงานวิจัยนี้จะคัดแยกพฤติกรรมโคใน 4 ลักษณะ คือ พฤติกรรมการยืน นอน เดิน และกินหญ้า

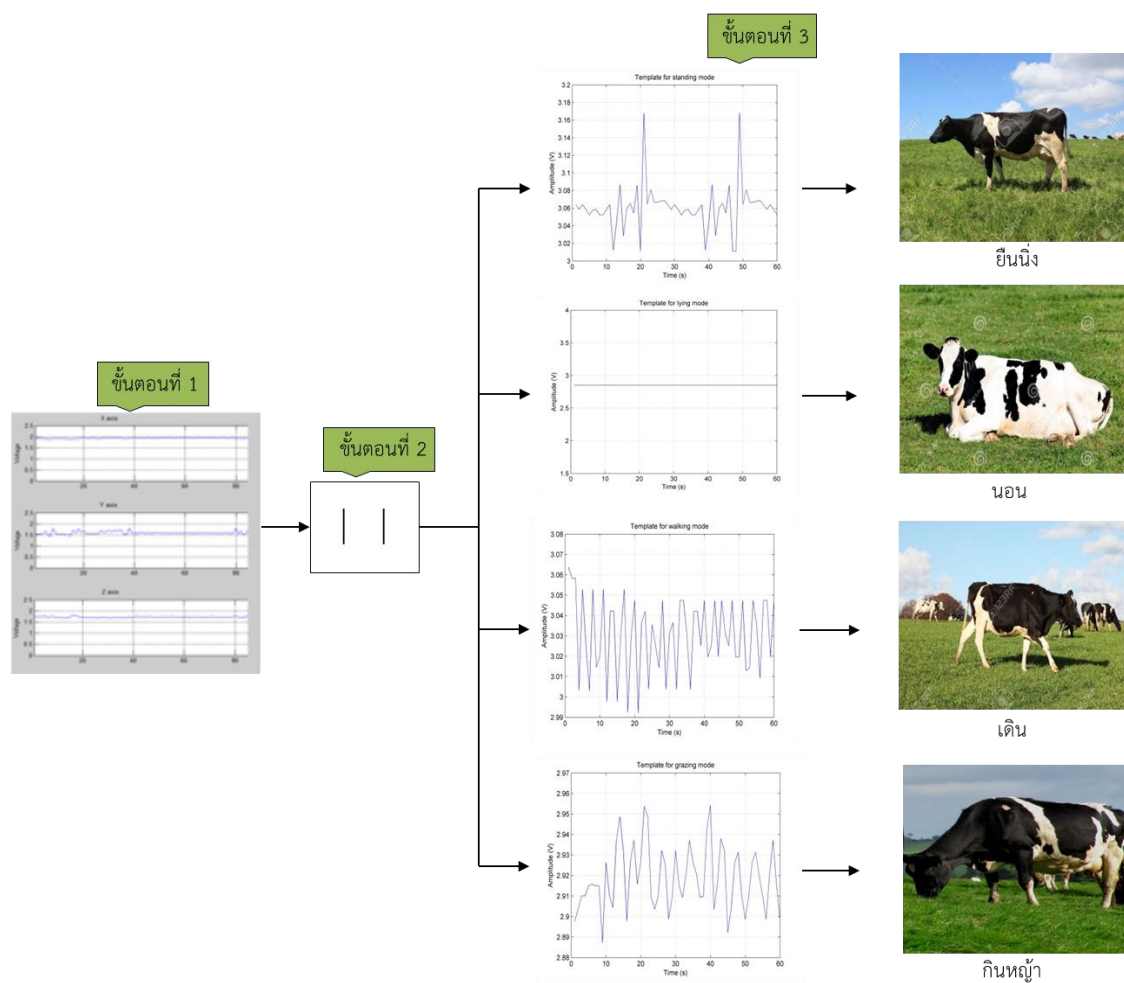
3.3.1 การวิเคราะห์สัญญาณของแต่ละกลุ่มพฤติกรรม

สัญญาณของแต่ละกลุ่มพฤติกรรมการยืน นอน เดิน และกินหญ้าของโค ถูกเก็บเป็นสัญญาณเวลาต่อเนื่อง 60 วินาที ในฐานข้อมูล เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ โดยกระบวนการมี 3 ขั้นตอนดังนี้
 ขั้นตอนที่ 1) ระบบการวัดทำการรับสัญญาณข้อมูลของแกน X, Y และ Z เข้ามาทุกๆ 1 วินาที
 ขั้นตอนที่ 2) คำนวณเป็นเวกเตอร์ลัพธ์ตามสมการ (3.1)

$$S_r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} \quad \text{สมการ (3.1)}$$

และขั้นตอนที่ 3) นำผลลัพธ์ที่ได้จากสมการ (3.1) พล็อตสัญญาณของแต่ละกลุ่มพฤติกรรม ดังแสดงในภาพประกอบ 3.4 ซึ่งจะถูกนำไปเก็บในฐานข้อมูล



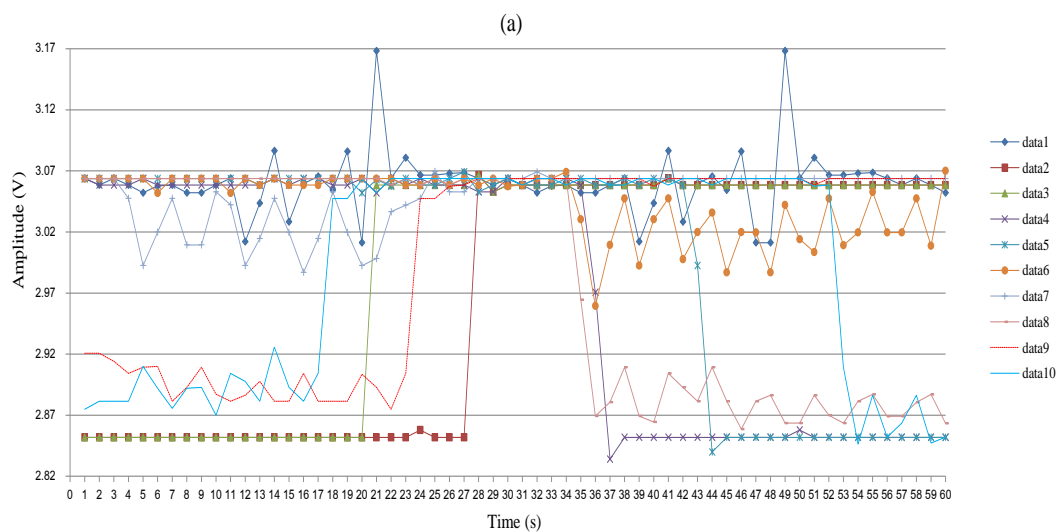


ภาพประกอบ 3.4 กระบวนการแปลงสัญญาณ

จากการสังเกตพฤติกรรมโค พบว่าถึงแม้เป็นพฤติกรรมเดียวกัน แต่โคอาจมีหลายท่าทาง ทำให้สัญญาณความแรงของพฤติกรรมแตกต่างกัน ซึ่งสัญญาณความแรงสัมพันธ์กับพฤติกรรมโคแสดงดังนี้

3.3.1.1 ข้อมูลกลุ่มพฤติกรรมการยืนนิ่ง

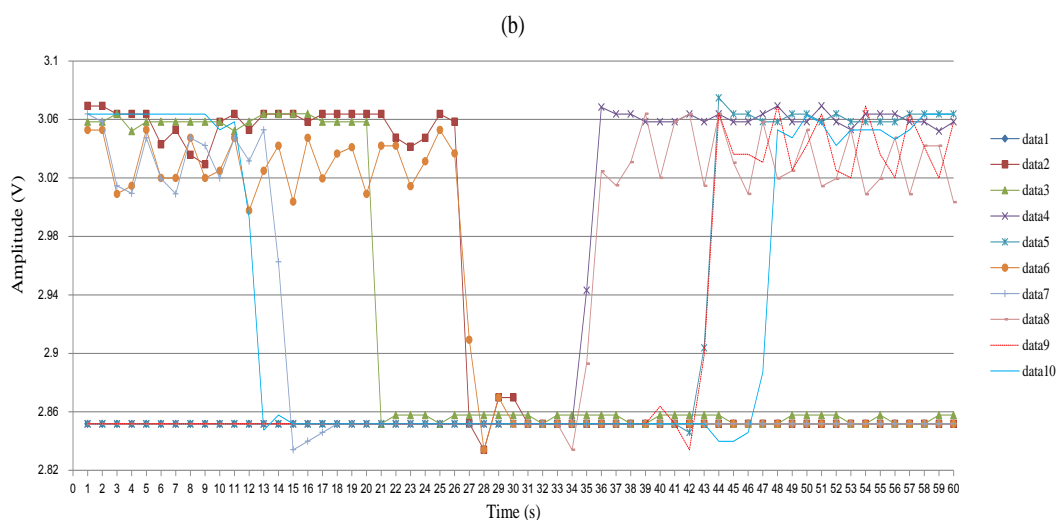
ขณะที่โคยืนนิ่งเป็นเวลา 60 วินาที บางครั้งโคอาจยืนนิ่ง ยืนผงกหัว หรือส่ายไปมา ภาพประกอบ 3.5 แสดงสัญญาณความแรงที่สัมพันธ์กับทุกๆท่าทางของพฤติกรรมการยืนนิ่ง



ภาพประกอบ 3.5 แสดงสัญญาณขณะโคยีนนิ่ง โดยที่ data 1 สัมพันธ์กับโคยีนนิ่งพร้อมกับสายหัวเล็กน้อย data 2 และ data 3 โคยีนนิ่งแล้วเปลี่ยนทำเป็นยีนนิ่ง data 4 และ data 5 โคยีนนิ่งแล้วเปลี่ยนทำเป็นนอน data 6 โคยีนนิ่งแล้วเปลี่ยนทำเป็นเดิน data 7 โคยีนนิ่งแล้วเปลี่ยนทำเป็นยีนนิ่ง data 8 โคยีนนิ่งแล้วเปลี่ยนทำเป็นกินหญ้า data 9 โคยีนนิ่งแล้วเปลี่ยนทำเป็นยีนนิ่ง และ data 10 โคยีนนิ่งแล้วเปลี่ยนทำเป็นกินหญ้าอีกครั้ง

3.3.1.2 ข้อมูลกลุ่มพฤติกรรมนอน

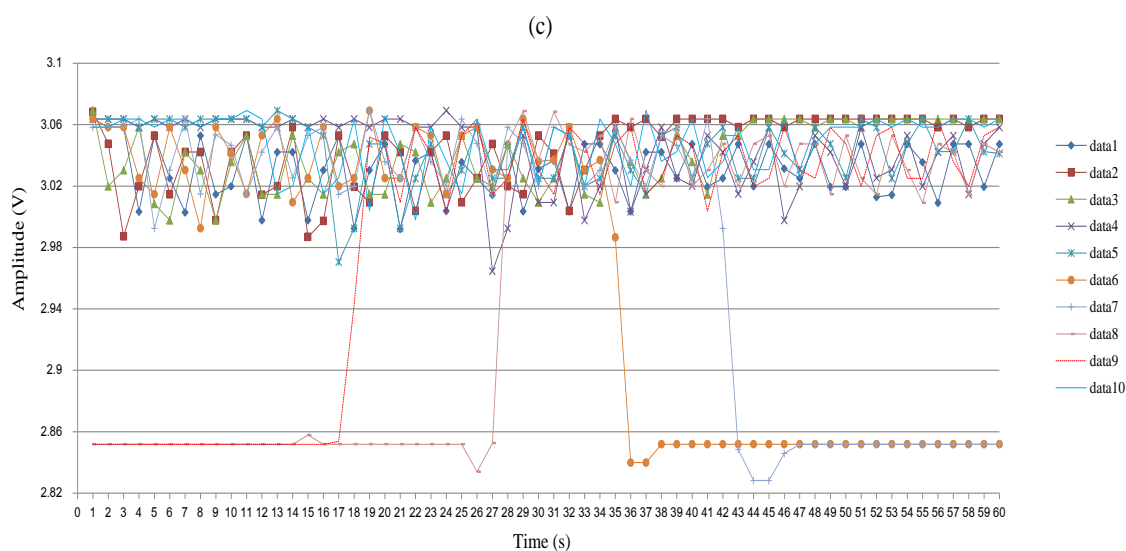
ขณะที่โคยีนนิ่งเป็นเวลา 60 วินาที บางครั้งโคยีนนิ่งแล้วกำลังจะนอน หรือนอนแล้วกำลังจะยีนนิ่ง ภาพประกอบ 3.6 แสดงสัญญาณความแรงที่สัมพันธ์กับทุกๆท่าของพฤติกรรมนอน



ภาพประกอบ 3.6 แสดงพฤติกรรมโคในขณะนอน โดยที่ data 1 โคกำลังนอน data 2 และ data 3 โคยืนนิ่งแล้วเปลี่ยนทำเป็นนอน data 4 และ data 5 โคนอนแล้วเปลี่ยนทำเป็นยืนนิ่ง data 6 และ data 7 โคเดินแล้วเปลี่ยนทำเป็นนอน data 8 และ data 9 โคนอนแล้วเปลี่ยนทำเป็นเดิน และ data 10 โคยืนนิ่งเปลี่ยนทำเป็นนอนแล้วเปลี่ยนทำเป็นยืนนิ่งอีกครั้ง

3.3.1.3 ข้อมูลกลุ่มพฤติกรรมการเดิน

ขณะที่โคเดินเป็นเวลา 60 วินาที บางครั้งโคอาจเดิน ยืนนิ่งแล้วกำลังจะเดิน หรือเดินแล้วกำลังจะกินหญ้า ภาพประกอบ 3.7 แสดงสัญญาณความเร่งที่สัมพันธ์กับทุกๆ ท่วงท่าของพฤติกรรมการเดิน

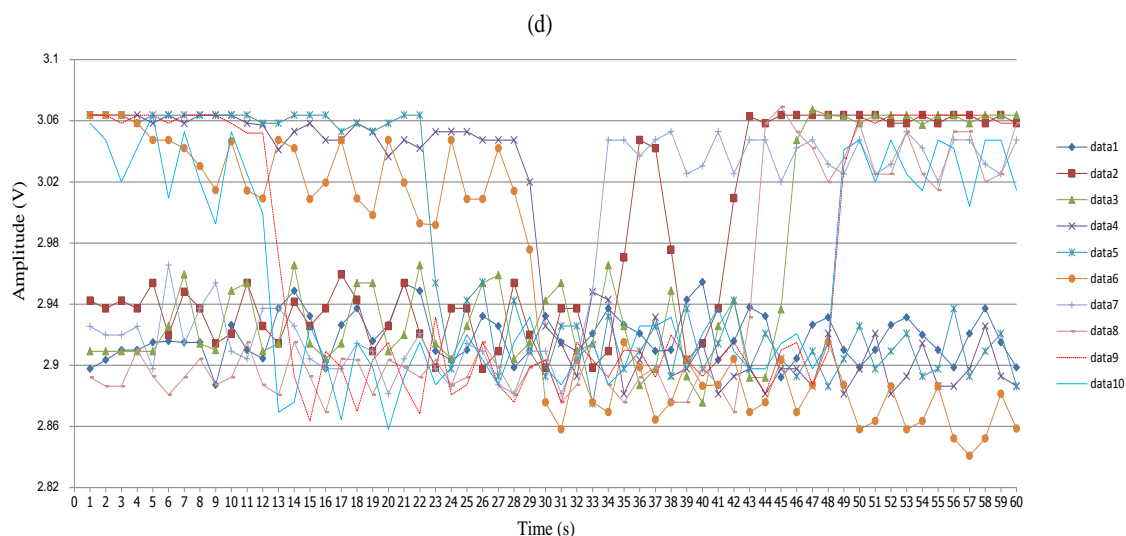


ภาพประกอบ 3.7 แสดงพฤติกรรมโคในขณะเดิน โดยที่ data 1 โคกำลังเดิน data 2 และ data 3 โคเดินแล้วเปลี่ยนทำเป็นยืนนิ่ง data 4 และ data 5 โคยืนนิ่งแล้วเปลี่ยนทำเป็นเดิน data 6 และ data 7 โคเดินแล้วเปลี่ยนทำเป็นนอน data 8 และ data 9 โคนอนแล้วเปลี่ยนทำเป็นเดิน และ data 10 โคยืนนิ่งเปลี่ยนทำเป็นเดินแล้วเปลี่ยนทำเป็นยืนนิ่งอีกครั้ง

3.3.1.4 ข้อมูลกลุ่มพฤติกรรมการกินหญ้า

ขณะที่โคกินหญ้าเป็นเวลา 60 วินาที บางครั้งโคอาจกินหญ้า ยืนนิ่งแล้วกำลังจะกินหญ้า หรือกินหญ้าแล้วกำลังจะยืนนิ่ง ภาพประกอบ 3.8 แสดงสัญญาณความเร่งที่สัมพันธ์กับทุกๆ ท่วงท่าของพฤติกรรมการกินหญ้า





ภาพประกอบ 3.8 แสดงพฤติกรรมโคโนขณะกินหญ้า โดยที่ data 1 โคกำลังกินหญ้า data 2 และ data 3 โคกินหญ้าแล้วเปลี่ยนทำเป็นยืนนิ่ง data 4 และ data 5 โคยืนนิ่งแล้วเปลี่ยนทำเป็นกินหญ้า data 6 โคเดินแล้วเปลี่ยนทำเป็นกินหญ้า data 7 และ data 8 โคกินหญ้าแล้วเปลี่ยนทำเป็นเดิน data 9 โคยืนนิ่งเปลี่ยนทำเป็นกินหญ้าแล้วเปลี่ยนทำเป็นยืนนิ่งอีกครั้ง data 10 โคเดินเปลี่ยนทำเป็นกินหญ้าแล้วเปลี่ยนทำเป็นเดินอีกครั้ง

วิเคราะห์สัญญาณของแต่ละกลุ่มพฤติกรรมในฐานข้อมูล โดยกระบวนการทางสถิติ เพื่อใช้เป็นแนวทางสำหรับการเลือกวิธีที่จะใช้สำหรับการตัดแยกพฤติกรรม โดยวิเคราะห์จากช่วงของ แรงดันไฟฟ้า, ค่าเฉลี่ย และค่าความแปรปรวนสัญญาณ

- 1) ค่าเฉลี่ยของสัญญาณแต่ละกลุ่มพฤติกรรม

$$\bar{X} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_i \quad \text{สมการ (3.2)}$$

- 2) ค่าความแปรปรวนของสัญญาณแต่ละกลุ่มพฤติกรรม

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^2}{N} \quad \text{สมการ (3.3)}$$

เมื่อ X_i คือ ค่าของข้อมูลลำดับที่ i

\bar{X} คือ ค่าเฉลี่ยของแต่ละแกนของกลุ่มพฤติกรรม

σ^2 คือ ค่าความแปรปรวนของสัญญาณแต่ละกลุ่มพฤติกรรม

N คือ จำนวนข้อมูล



จากสมการ (3.2) และ (3.3) คำนวณสัญญาณของแต่ละกลุ่มพฤติกรรม เพื่อใช้ข้อมูลทางสถิติ สำหรับคัดแยกพฤติกรรมของโค ได้ผลลัพธ์ดังตาราง 3.1

ตาราง 3.1 การวิเคราะห์สัญญาณของแต่ละกลุ่มพฤติกรรม

กลุ่มพฤติกรรม	ข้อมูล	ช่วงแรงดันไฟฟ้า (V)	ค่าเฉลี่ย (V)	ความแปรปรวน
ยืนนิ่ง	data 1	3.01 - 3.17	3.06	0.026
	data 2	2.85 - 3.07	2.97	0.104
	data 3	2.85 - 3.07	2.99	0.098
	data 4	2.83 - 3.06	2.97	0.102
	data 5	2.84 - 3.07	3	0.095
	data 6	2.96 - 3.07	3.04	0.026
	data 7	2.99 - 3.07	3.05	0.024
	data 8	2.86 - 3.06	2.98	0.092
	data 9	2.87 - 3.06	3	0.082
	data 10	2.85 - 3.06	2.99	0.089
นอน	data 1	2.85	2.85	0
	data 2	2.83 - 3.07	2.94	0.103
	data 3	2.85 - 3.06	2.92	0.096
	data 4	2.85 - 3.07	2.94	0.103
	data 5	2.85 - 3.07	2.91	0.095
	data 6	2.85 - 3.05	2.93	0.09
	data 7	2.83 - 3.06	2.89	0.078
	data 8	2.83 - 3.06	2.93	0.091
	data 9	2.83 - 3.07	2.91	0.87
	data 10	2.84 - 3.06	2.93	0.102
เดิน	data 1	2.99 - 3.06	3.03	0.019
	data 2	2.99 - 3.07	3.04	0.023
	data 3	3 - 3.07	3.04	0.021
	data 4	2.96 - 3.07	3.04	0.024
	data 5	2.97 - 3.07	3.04	0.021
	data 6	2.84 - 3.07	2.96	0.095
	data 7	2.83 - 3.07	2.98	0.09
	data 8	2.83 - 3.07	2.95	0.095
	data 9	2.85 - 3.06	2.98	0.086
	data 10	3 - 3.07	3.04	0.019
กินหญ้า	data 1	2.89 - 2.95	2.92	0.016
	data 2	2.9 - 3.06	2.98	0.064
	data 3	2.88 - 3.07	2.96	0.064
	data 4	2.88 - 3.06	2.98	0.08
	data 5	2.87 - 3.06	2.97	0.074
	data 6	2.84 - 3.06	2.95	0.08
	data 7	2.88 - 3.05	2.97	0.07
	data 8	2.87 - 3.07	2.94	0.07
	data 9	2.86 - 3.06	2.96	0.08
	data 10	2.86 - 3.06	2.96	0.066



เมื่อพิจารณาจากค่าเฉลี่ยของแรงดันไฟฟ้าของแต่ละกลุ่มพฤติกรรมในฐานข้อมูลพบว่าสามารถตัดแยกพฤติกรรมการนอน data 1 ของโคได้ถูกต้องตามช่วงของแรงดันไฟฟ้า, ค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนที่ปรากฏ เนื่องจากเป็นพฤติกรรมที่โคนอนนิ่ง แต่ในขณะที่เดียวกัน การตัดแยกพฤติกรรมด้วยกระบวนการทางสถิติไม่สามารถตัดแยกพฤติกรรมอื่นๆของโคได้ เพราะช่วงเวลาเมื่อโคเปลี่ยนถ่ายพฤติกรรมในขณะที่ระบบการวัดกำลังทำงาน ทำให้สัญญาณเปลี่ยนแปลง และเนื่องจากเมื่อพิจารณาช่วงของแรงดันไฟฟ้า ค่าเฉลี่ย และค่าความแปรปรวนของสัญญาณทั้ง 4 พฤติกรรม พบว่ามีค่าใกล้เคียงกันมาก ดังนั้นผู้วิจัยจึงเสนอแนวคิดโดยการประยุกต์วิธีการไดนามิกส์ใหม่เวอร์ปิง เพื่อนำมาเปรียบเทียบสัญญาณเพื่อตัดแยกแต่ละกลุ่มพฤติกรรมให้ถูกต้อง

3.3.2 ไดนามิกส์ใหม่เวอร์ปิง

ไดนามิกส์ใหม่เวอร์ปิงเป็นวิธีการเปรียบเทียบระหว่างอนุกรมเวลาของสองสัญญาณ เพื่อเปรียบเทียบความคล้ายของลำดับที่มีความแตกต่างกันในด้านเวลาหรือความเร็ว เช่น รูปแบบของรูปแบบการเดินของโคตัวหนึ่งจะถูกนับว่ามีความคล้าย ไม่ว่าจะเดินอย่างรวดเร็ว เดินอย่างเชื่องช้า หรือแม้แต่เดินด้วยความเร่ง เมื่อพิจารณาจากผู้สังเกตเดียวกัน ซึ่งไดนามิกส์ใหม่เวอร์ปิงสามารถนำไปประยุกต์ได้กับวิดีโอ เสียง และภาพ รวมไปถึงข้อมูลต่างๆที่สามารถแปลงให้อยู่ในรูปของข้อมูลเชิงเส้นได้ [15] ตัวอย่างของการประยุกต์ขั้นตอนวิธีนี้ไปใช้ คือ การรู้จำคำพูด เพื่อจัดการกับคำพูดที่มีความเร็วไม่เท่ากัน แม้จะสื่อความหมายเดียวกัน, การค้นหาข้อมูลในฐานข้อมูล หรือการตรวจสอบลายนิ้วมือ

หลักการทำงานอนุกรมเวลาของสัญญาณความเร่งที่ต้องการตัดแยก โดยใช้สมการ (3.1) ถูกนำมาเปรียบเทียบกับสัญญาณอ้างอิงในแต่ละกลุ่มพฤติกรรม รวม 40 สัญญาณ ผลลัพธ์คือคะแนนสะสมระยะทาง (Accumulated distance) คะแนนเหล่านี้ถูกนำเข้าสู่การตัดสินใจ เลือกกลุ่มพฤติกรรม เนื้อหาส่วนนี้ผู้เขียนอธิบายหลักการคำนวณพื้นฐานของไดนามิกส์ใหม่เวอร์ปิง ด้วยการยกตัวอย่างประกอบการอธิบายดังนี้

3.3.2.1 กำหนดอนุกรมเวลา

ดังนี้

$$r = (3.0584 \ 3.0584 \ 3.0584 \ 3.0529 \ 3.0529)$$

$$t = (2.8518 \ 2.8518 \ 2.8518 \ 2.8518 \ 2.8518)$$

โดยที่ r และ t สมมุติเป็นสัญญาณที่ต้องการเปรียบเทียบ

3.3.2.2 หาผลต่างของสัญญาณ

โดยจำลองเมตริกซ์ทั้งสองสัญญาณเพื่อหาความแตกต่าง โดยมีขั้นตอนดังนี้



สร้างเมตริกซ์จำลอง เพื่อหาผลต่างระหว่างเมตริกซ์ r และ t ผลลัพธ์ที่ได้จะถูกยกกำลังสองในแต่ละคอลัมน์ เพื่อให้เป็นจำนวนจริงบวก และเก็บค่าไว้ในเมตริกซ์ d ดังแสดงในภาพประกอบ 3.9 โดยเริ่มจากสลับแถวและคอลัมน์ของอนุกรมเวลา r ซึ่งมีมิติ 1×5 หลังจากการสลับเมตริกซ์ r จะมีมิติเท่ากับ 5×1 และคัดลอกทั้งคอลัมน์จากซ้ายไปขวาเท่ากับมิติของเมตริกซ์ t ในที่นี้เมตริกซ์ r ที่ได้จึงมีมิติเท่ากับ 5×5 สำหรับเมตริกซ์ t ให้ก็อปปี้ทั้งแถวจากบนลงล่างให้เท่ากับมิติของ r ดังนั้นเมตริกซ์ t จึงมีมิติเท่ากับ 5×5 เช่นเดียวกับเมตริกซ์ r การจำลองเมตริกซ์ระหว่างสองสัญญาณนั้น เพื่อให้สามารถหาผลต่างได้ กรณีที่สองสัญญาณนั้นมีอนุกรมเวลาไม่เท่ากัน

$$r = \begin{bmatrix} 3.0584 & 3.0584 & 3.0584 & 3.0584 & 3.0584 \\ 3.0584 & 3.0584 & 3.0584 & 3.0584 & 3.0584 \\ 3.0584 & 3.0584 & 3.0584 & 3.0584 & 3.0584 \\ 3.0529 & 3.0529 & 3.0529 & 3.0529 & 3.0529 \\ 3.0529 & 3.0529 & 3.0529 & 3.0529 & 3.0529 \end{bmatrix} \quad t = \begin{bmatrix} 2.8518 & 2.8518 & 2.8518 & 2.8518 & 2.8518 \\ 2.8518 & 2.8518 & 2.8518 & 2.8518 & 2.8518 \\ 2.8518 & 2.8518 & 2.8518 & 2.8518 & 2.8518 \\ 2.8518 & 2.8518 & 2.8518 & 2.8518 & 2.8518 \\ 2.8518 & 2.8518 & 2.8518 & 2.8518 & 2.8518 \end{bmatrix}$$

(ก) (ข)

$$r - t = \begin{bmatrix} 0.2066 & 0.2066 & 0.2066 & 0.2066 & 0.2066 \\ 0.2066 & 0.2066 & 0.2066 & 0.2066 & 0.2066 \\ 0.2066 & 0.2066 & 0.2066 & 0.2066 & 0.2066 \\ 0.2011 & 0.2011 & 0.2011 & 0.2011 & 0.2011 \\ 0.2011 & 0.2011 & 0.2011 & 0.2011 & 0.2011 \end{bmatrix} \quad d = \begin{bmatrix} 0.0427 & 0.0427 & 0.0427 & 0.0427 & 0.0427 \\ 0.0427 & 0.0427 & 0.0427 & 0.0427 & 0.0427 \\ 0.0427 & 0.0427 & 0.0427 & 0.0427 & 0.0427 \\ 0.0404 & 0.0404 & 0.0404 & 0.0404 & 0.0404 \\ 0.0404 & 0.0404 & 0.0404 & 0.0404 & 0.0404 \end{bmatrix}$$

(ค) (ง)

ภาพประกอบ 3.9 (ก) เมตริกซ์จำลอง r (ข) เมตริกซ์จำลอง t (ค) ผลต่างของเมตริกซ์จำลอง r และ t (ง) เมตริกซ์ d เกิดจากสมาชิกทุกตัวในเมตริกซ์ของผลต่าง r และ t ยกกำลังสอง

3.3.2.3 การเปรียบเทียบสัญญาณ

จากขั้นตอนการหาผลต่างข้างต้น เมตริกซ์ d จะถูกนำมาเปรียบเทียบสัญญาณเพื่อหาเส้นทางที่เปลี่ยนแปลง โดยมี 7 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1

สร้างเมตริกซ์ D ซึ่งมีมิติเท่ากับเมตริกซ์ d และเริ่มต้นการเปรียบเทียบสัญญาณ กำหนดให้ $D(1, 1) = d(1, 1)$ ดังแสดงในภาพประกอบ 3.10



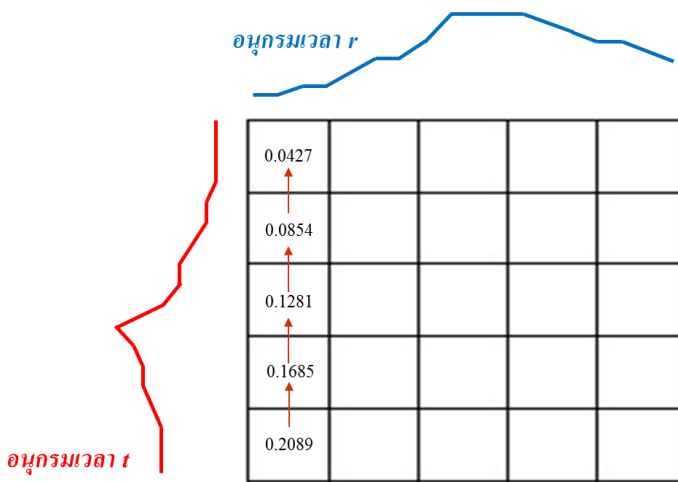


ภาพประกอบ 3.10 การเปรียบเทียบสัญญาณในเมตริกซ์ D

ขั้นตอนที่ 2

คำนวณคอลัมน์ที่หนึ่ง โดย $D(i, 1) = D(i-1, 1) + d(i, 1)$ ดังแสดงใน

ภาพประกอบ 3.11

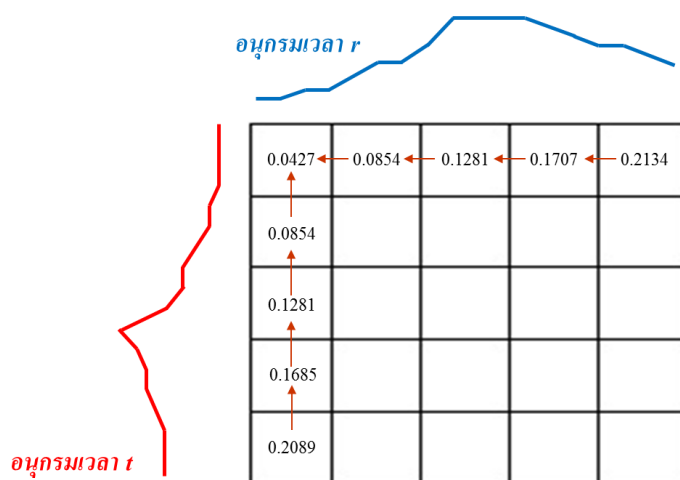


ภาพประกอบ 3.11 คำนวณคอลัมน์ที่หนึ่งของเมตริกซ์ D

ขั้นตอนที่ 3

คำนวณแถวที่หนึ่ง โดย $D(1, j) = d(1, j) + D(1, j-1)$ ดังแสดงใน

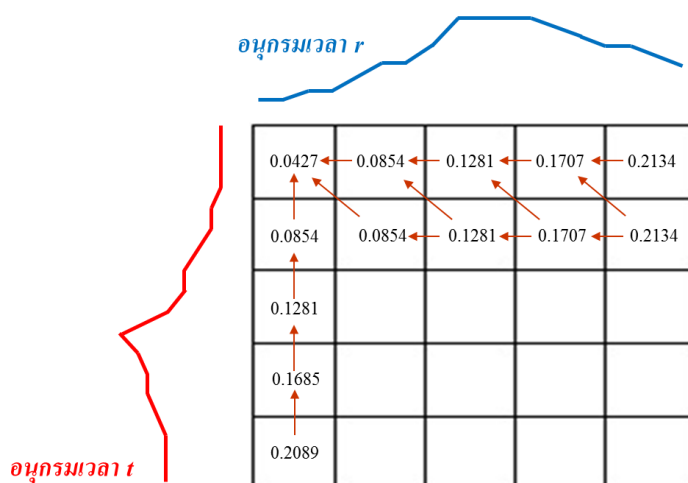
ภาพประกอบ 3.12



ภาพประกอบ 3.12 คำนวณแถวที่หนึ่งของเมตริกซ์ D

ขั้นตอนที่ 4

คำนวณแถวที่สอง โดย $D(i, 2) = \min(D(i, 1), D(i-1, 1), D(i-1, 2)) + d(i, 2)$ เปรียบเทียบระหว่างคอลัมน์ถัดไปและคอลัมน์ก่อนหน้าโดยลูกศรสีแดงจะบ่งชี้คะแนนที่ต่ำกว่า ดังแสดงในภาพประกอบ 3.13

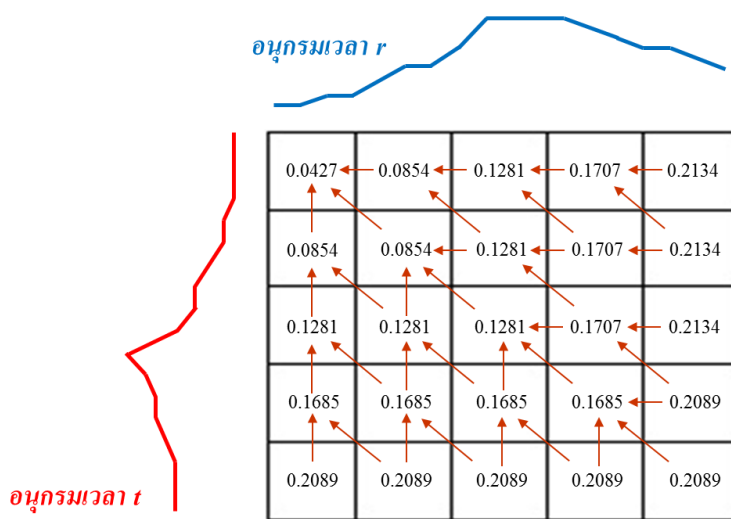


ภาพประกอบ 3.13 คำนวณแถวที่สองของเมตริกซ์ D

ขั้นตอนที่ 5

คำนวณแถวถัดไป โดยดำเนินการจากขั้นตอนที่ 4 กับส่วนที่เหลือของตาราง โดย $D(i, j) = \min(D(i-1, j), \min(D(i-1, j-1), D(i, j-1))) + d(i, j)$ ดังแสดงในภาพประกอบ 3.14

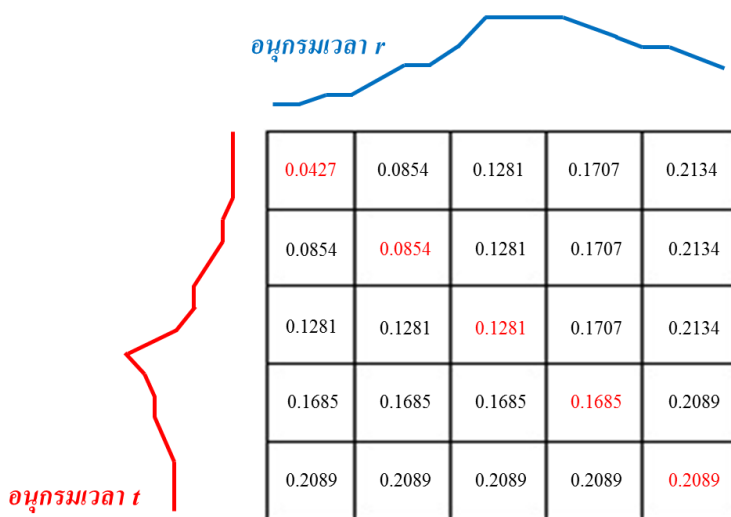




ภาพประกอบ 3.14 คำนวณแถวที่เหลือของเมตริกซ์ D

ขั้นตอนที่ 6

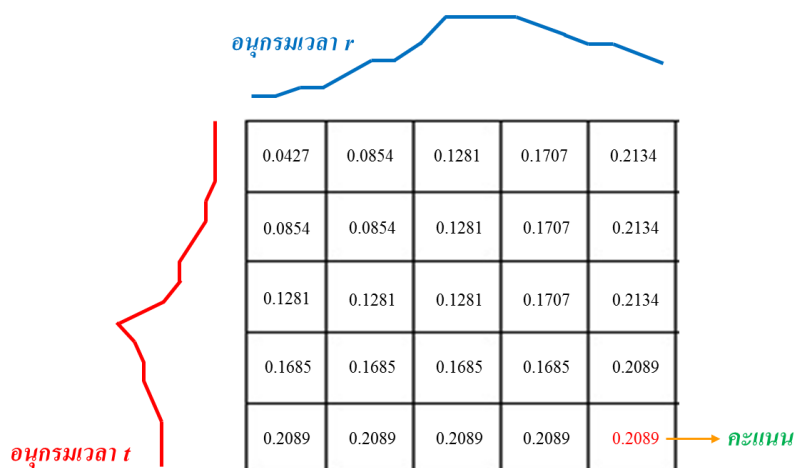
ตรวจสอบย้อนกลับของการเปรียบเทียบสัญญาณที่เปลี่ยนแปลงผ่านตาราง โดยเริ่มต้นจาก $D(n, m)$ และเคลื่อนไป $D(1, 1)$ โดยโยงเส้นทางตามลูกศรสีแดง จุดสีแดงที่เกิดขึ้นจะบอกแนวโน้มว่าสัญญาณ r และ t ที่เปรียบเทียบ ต่างกันมากน้อยเพียงใด ดังแสดงในภาพประกอบ 3.15



ภาพประกอบ 3.15 เส้นทางที่เปลี่ยนแปลงของการเปรียบเทียบสัญญาณ

ขั้นตอนที่ 7

คะแนนความคล้ายคลึงของสัญญาณเกิดจากการเปรียบเทียบระหว่างคอลัมน์สุดท้ายและแถวสุดท้าย โดย คะแนน = $D(n, m)$ ดังแสดงในภาพประกอบ 3.16



ภาพประกอบ 3.16 คะแนนความคล้ายคลึงของสัญญาณ

จากหลักการดังกล่าว ไดนามิกส์ใหม่เวอร์ปึงใช้สำหรับวัดความคล้ายคลึงกันของสัญญาณอนุกรมเวลาสองสัญญาณ โดยมีผลลัพธ์คือคะแนนสะสมระยะทาง ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงนำมาประยุกต์ใช้ในการคัดแยกพฤติกรรมโค โดยที่อนุกรมเวลาหนึ่งคือสัญญาณความเร่งที่ต้องการคัดแยกและสองคือสัญญาณอ้างอิงของกลุ่มพฤติกรรม

3.3.3 สัญญาณอ้างอิง

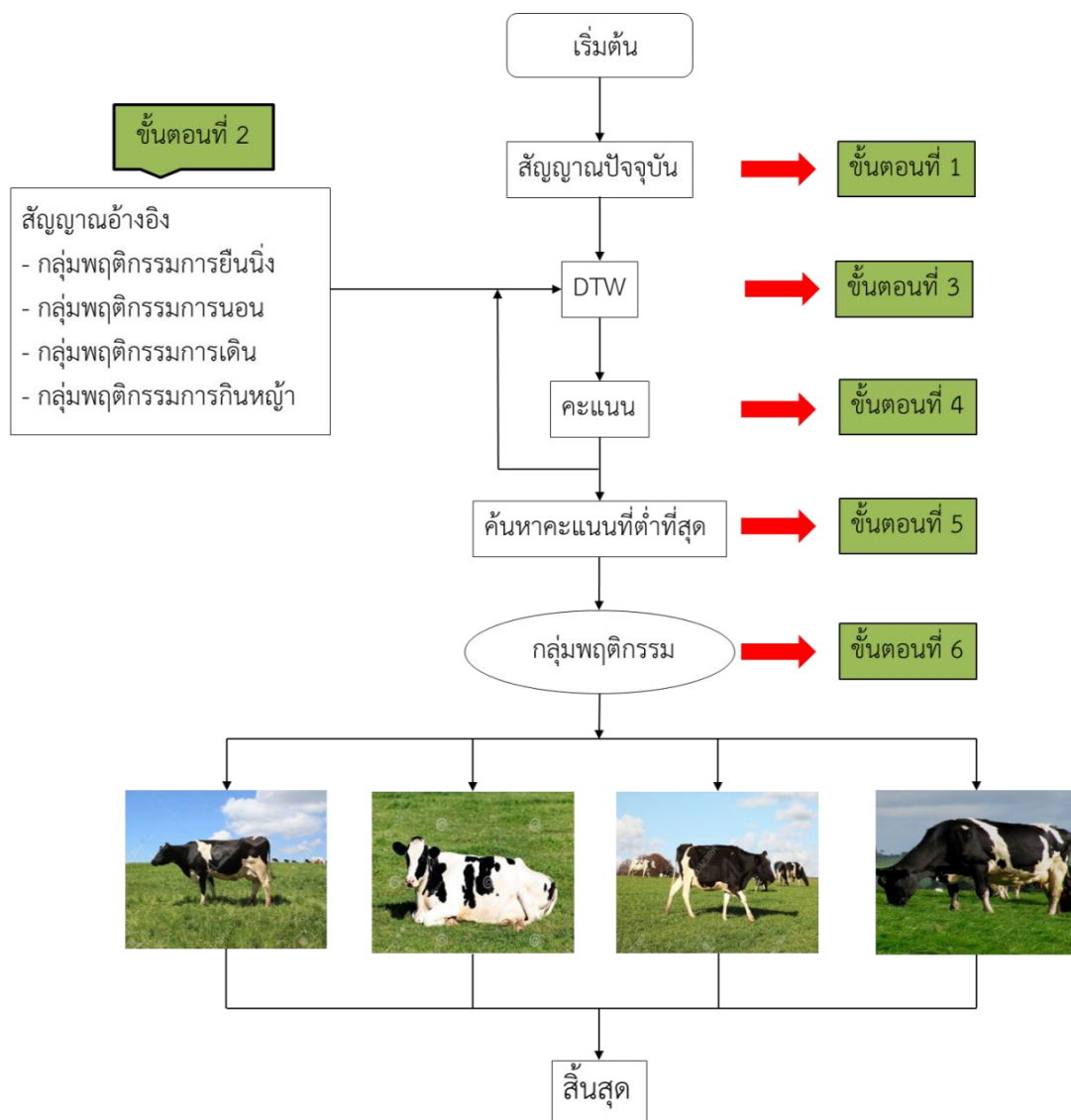
เพื่อคัดแยกพฤติกรรมโคโดยวิธีไดนามิกส์ใหม่เวอร์ปึง สัญญาณอ้างอิงของพฤติกรรมการยืนนิ่ง นอน เดิน และกินหญ้าของโค ที่อยู่ในฐานข้อมูลจะถูกดึงมาเปรียบเทียบกับสัญญาณปัจจุบันโดยสัญญาณอ้างอิงของแต่ละกลุ่มพฤติกรรม เกิดจากการทดลองหลายๆครั้ง เพราะพฤติกรรมของโคแต่ละช่วงเวลาไม่เหมือนกัน ทำให้สัญญาณที่วัดได้มีหลายค่า และเพื่อให้การคัดแยกมีความถูกต้องแม่นยำ ผู้วิจัยจึงทำการวัดสัญญาณของทุกช่วงพฤติกรรม ให้ครอบคลุม ประกอบด้วยสัญญาณกลุ่มพฤติกรรมการยืนนิ่ง จำนวน 10 ข้อมูล, สัญญาณกลุ่มพฤติกรรมการนอน จำนวน 10 ข้อมูล, สัญญาณกลุ่มพฤติกรรมการเดิน จำนวน 10 ข้อมูล และสัญญาณกลุ่มพฤติกรรมการกินหญ้า จำนวน 10 ข้อมูล ดังแสดงในภาพประกอบ 3.5, 3.6, 3.7 และ 3.8 ตามลำดับ เพื่อให้เกิดความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดระหว่างการคัดแยกพฤติกรรม



3.4 การคัดแยกพฤติกรรมโคด้วยไดนามิกส์ไทม์วอร์ปิง

ไดนามิกส์ไทม์วอร์ปิงเป็นวิธีการเปรียบเทียบความคล้ายคลึงกันของสองสัญญาณ ผลลัพธ์ของการเปรียบเทียบจะออกมาเป็นคะแนน ซึ่งสัญญาณเดียวกันคะแนนที่ได้จะออกมาเป็นศูนย์ เนื่องจากการติดตั้งระบบสมองกลฝังตัวที่คอด้านข้างของโค ทำให้สัญญาณที่วัดได้จากพฤติกรรมการยืน นอน เดิน และกินหญ้า ของช่วงเวลาการเปลี่ยนถ่ายพฤติกรรมมีค่าใกล้เคียงกัน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงใช้วิธีไดนามิกส์ไทม์วอร์ปิงเพื่อทำการคัดแยก ซึ่งการคัดแยกพฤติกรรมโคด้วยวิธีไดนามิกส์ไทม์วอร์ปิงมี 6 ขั้นตอน ดังแสดงในภาพประกอบ 3.16 ขั้นตอนที่ 1 ระบบการวัดทำการรับข้อมูลของแกน X, Y และ Z เข้ามาทุกๆ 1 วินาที และคำนวณเป็นเวกเตอร์ลัพธ์ตามสมการ (3.1) และเก็บผลลัพธ์เป็นสัญญาณปัจจุบันต่อเนื่องเป็นเวลา 60 วินาที ขั้นตอนที่ 2 ขณะที่สัญญาณอ้างอิงของแต่ละกลุ่มพฤติกรรมการยืน นอน เดิน และกินหญ้า ที่ถูกเก็บอยู่ในฐานข้อมูล ถูกดึงมาเปรียบเทียบกับสัญญาณปัจจุบัน ขั้นตอนที่ 3 เปรียบเทียบความคล้ายคลึงกันของสัญญาณระหว่างสัญญาณปัจจุบันและสัญญาณกลุ่มพฤติกรรมการยืน นอน เดิน และกินหญ้า ด้วยวิธีไดนามิกส์ไทม์วอร์ปิง ขั้นตอนที่ 4 คำนวณความคล้ายของสัญญาณและวนลูปไปเรื่อยๆ จนกระทั่งเปรียบเทียบครบทุกสัญญาณอ้างอิงในฐานข้อมูล ซึ่งผลลัพธ์ของการเปรียบเทียบจะออกมาเป็นคะแนนความคล้ายคลึงของสัญญาณ ขั้นตอนที่ 5 คะแนนระยะทางสะสม ทั้ง 40 ข้อมูล ถูกนำมาเปรียบเทียบ เพื่อหาคะแนนต่ำที่สุด และขั้นตอนที่ 6 คะแนนต่ำสุดที่ได้จากการเปรียบเทียบจะถูกใช้สำหรับบ่งชี้พฤติกรรมโคในปัจจุบัน





ภาพประกอบ 3.17 ระบบการคัดแยกพฤติกรรมด้วยวิธีไดนามิกส์ไทม์วอร์ปิง

บทที่ 4

การทดลองและผลการวิจัย

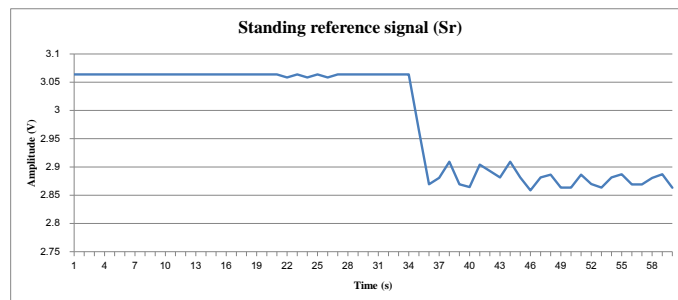
เนื้อหาในบทนี้แสดงผลการทดสอบของวิธีที่นำเสนอ ประกอบด้วย 3 ส่วนคือ 1) แสดงผลการจำลองไดนามิกส์ไทม์วอร์ปิงด้วยโปรแกรม MATLAB 2) จำลองวิธีที่เสนอ และ 3) ผลการตัดแยกพฤติกรรม

4.1 กระบวนการตัดแยกพฤติกรรมโคโดยไดนามิกส์ไทม์วอร์ปิง

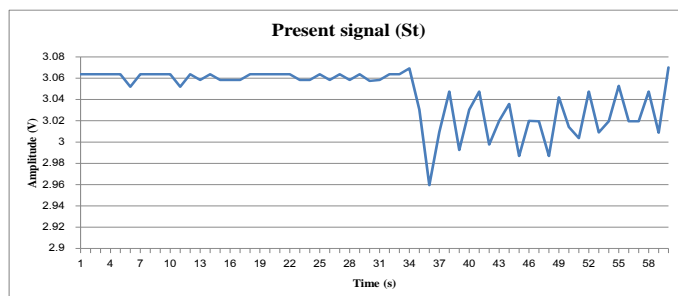
เนื้อหาส่วนนี้แสดงผลของไดนามิกส์ไทม์วอร์ปิง ซึ่งโปรแกรมที่ใช้คือ MATLAB R2012a ขั้นตอนของไดนามิกส์ไทม์วอร์ปิงแบ่งเป็น 3 ส่วน คือ การหาผลต่างของสัญญาณ การหาค่าคะแนน และการเปรียบเทียบเทียบคะแนน เพื่อระบุพฤติกรรมโคในปัจจุบัน

4.1.1 การหาผลต่างของสัญญาณ

ภาพประกอบ 4.1 (ก) แสดงสัญญาณอ้างอิง S_r และ (ข) สัญญาณที่ต้องการตัดแยก S_t สัญญาณทั้งสองถูกนำเข้าสู่กระบวนการไดนามิกส์ไทม์วอร์ปิง



(ก)



(ข)

ภาพประกอบ 4.1 (ก) สัญญาณอ้างอิงกลุ่มพฤติกรรมยีนนิ่ง (ข) สัญญาณปัจจุบัน



สามารถสร้างเมตริกซ์ d เพื่อแสดงผลต่างของ Sr และ St

ส่วนของโปรแกรมคือ

```
d=(repmat(St(:,1,M)-repmat(Sr(:,1,N),1)).^2;
```

เมตริกซ์ d ที่ได้จากการคำนวณคือ

Columns 55 through 60

0.0312	0.0379	0.0379	0.0336	0.0312	0.0402
0.0312	0.0379	0.0379	0.0336	0.0312	0.0402
0.0312	0.0379	0.0379	0.0336	0.0312	0.0402
0.0312	0.0379	0.0379	0.0336	0.0312	0.0402
0.0312	0.0379	0.0379	0.0336	0.0312	0.0402
.
.
.
0.0176	0.0227	0.0227	0.0193	0.0176	0.0244
0.0176	0.0227	0.0227	0.0193	0.0176	0.0244
0.0257	0.0318	0.0318	0.0279	0.0257	0.0339
0.0148	0.0195	0.0195	0.0165	0.0148	0.0212
0.0335	0.0404	0.0404	0.0359	0.0335	0.0428

4.1.2 การหาค่าคะแนน

จากขั้นตอนการหาผลต่างข้างต้น เมตริกซ์ d จะถูกนำมาหาเส้นทางที่เปลี่ยนแปลง โดยมี 7 ขั้นตอนดังนี้

- ขั้นตอนที่ 1 : สร้างเมตริกซ์ D ซึ่งมีมิติเท่ากับเมตริกซ์ d และเริ่มต้นการเปรียบเทียบสัญญาณ กำหนดให้ $D(1, 1) = d(1, 1)$
- ขั้นตอนที่ 2 : คำนวณคอลัมน์ที่หนึ่ง โดย $D(i, 1) = D(i-1, 1) + d(i, 1)$
- ขั้นตอนที่ 3 : คำนวณแถวที่หนึ่ง โดย $D(1, j) = d(1, j) + D(1, j-1)$
- ขั้นตอนที่ 4 : คำนวณแถวที่สอง โดย $D(i, 2) = \min(D(i, 1), D(i-1, 1), D(i-1, 2)) + d(i, 2)$ เปรียบเทียบระหว่างคอลัมน์ถัดไปและคอลัมน์ก่อนหน้าโดยชี้เส้นทางไปที่คะแนนที่ต่ำกว่า
- ขั้นตอนที่ 5 : คำนวณแถวถัดไป โดยดำเนินการจากขั้นตอนที่ 4 กับส่วนที่เหลือของตาราง โดย $D(i, j) = \min(D(i-1, j), \min(D(i-1, j-1), D(i, j-1))) + d(i, j)$
- ขั้นตอนที่ 6 : ตรวจสอบย้อนกลับของการเปรียบเทียบสัญญาณที่เปลี่ยนแปลงผ่านตาราง โดยเริ่มต้นจาก $D(n, m)$ และเคลื่อนไป $D(1, 1)$ โดยโยงเส้นตามเส้นทางที่เกิดขึ้น เส้นที่เกิดขึ้นจะบอกแนวโน้มว่าสัญญาณ Sr และ St ที่เปรียบเทียบ ต่างกันมากน้อยเพียงใด
- ขั้นตอนที่ 7 : คะแนนความคล้ายคลึงของสัญญาณเกิดจากการเปรียบเทียบระหว่างคอลัมน์สุดท้ายและแถวสุดท้าย โดยคะแนน = $D(n, m)$



ส่วนของโปรแกรมคือ

```
D=zeros(size(d));
```

```
D(1,1)=d(1,1);
```

```
for n=2:N
```

```
    D(n,1)=d(n,1)+D(n-1,1);
```

```
end
```

```
for m=2:M
```

```
    D(1,m)=d(1,m)+D(1,m-1);
```

```
end
```

```
for n=2:N
```

```
    for m=2:M
```

```
        D(n,m)=d(n,m)+min([D(n-1,m),D(n-1,m-1),D(n,m-1)]);
```

```
    end
```

```
end
```

```
Dist=D(N,M);
```

เมตริกซ์ D และค่าคะแนนที่ได้จากการคำนวณคือ

Columns 55 through 60

0.6880	0.7259	0.7638	0.7973	0.8286	0.8687
0.6880	0.7259	0.7638	0.7973	0.8286	0.8687
0.6880	0.7259	0.7638	0.7973	0.8286	0.8687
0.6880	0.7259	0.7638	0.7973	0.8286	0.8687
0.6880	0.7259	0.7638	0.7973	0.8286	0.8687
.
.
.
0.3483	0.3655	0.3806	0.3886	0.3983	0.4152
0.3596	0.3710	0.3881	0.4000	0.4062	0.4227
0.3780	0.3914	0.4028	0.4160	0.4257	0.4400
0.3797	0.3975	0.4109	0.4192	0.4308	0.4469
0.4032	0.4201	0.4379	0.4468	0.4528	0.4736

→ คะแนน

จากวิธีการข้างต้น ผลลัพธ์คะแนนที่ได้คือ 0.4736



4.1.3 การเปรียบเทียบค่าคะแนน

คะแนนจากการคำนวณจะมีทั้งหมด 40 ค่า ซึ่งเกิดจากการเปรียบเทียบระหว่างสัญญาณพฤติกรรมในปัจจุบันและสัญญาณอ้างอิงทุกข้อมูลในฐานข้อมูล ทำการเปรียบเทียบคะแนนทุกค่า ถ้าคะแนนนั้นมีค่าใกล้ 0 จะระบุพฤติกรรมใดในปัจจุบัน

4.1.3.1 ตารางคะแนนกลุ่มพฤติกรรมการยื่นนึ่ง

สัญญาณ กลุ่มพฤติกรรมการยื่นนึ่ง	Score ที่ได้
ยื่นนึ่ง 1	0.0421
ยื่นนึ่ง 2	1.1494
ยื่นนึ่ง 3	0.8706
ยื่นนึ่ง 4	0.6339
ยื่นนึ่ง 5	0.4751
ยื่นนึ่ง 6	0.0012
ยื่นนึ่ง 7	0.0099
ยื่นนึ่ง 8	0.4736
ยื่นนึ่ง 9	0.6242
ยื่นนึ่ง 10	0.6946

คะแนนที่ค่าใกล้ 0 ที่สุด

คะแนนที่คำนวณได้

4.1.3.2 ตารางคะแนนกลุ่มพฤติกรรมการนอน

สัญญาณ กลุ่มพฤติกรรมการนอน	Score ที่ได้
นอน 1	2.2537
นอน 2	0.802
นอน 3	0.8568
นอน 4	1.4396
นอน 5	1.6587
นอน 6	0.7841
นอน 7	0.9803
นอน 8	1.4361
นอน 9	1.6265
นอน 10	0.4295



4.1.3.3 ตารางคะแนนกลุ่มพฤติกรรมกรเดิน

สัญญาณ กลุ่มพฤติกรรมกรเดิน	Score ที่ได้
เดิน 1	0.0142
เดิน 2	0.0101
เดิน 3	0.0123
เดิน 4	0.0081
เดิน 5	0.0108
เดิน 6	0.6402
เดิน 7	0.4984
เดิน 8	1.1232
เดิน 9	0.7292
เดิน 10	0.0141

4.1.3.4 ตารางคะแนนกลุ่มพฤติกรรมกรกินหญ้า

สัญญาณ กลุ่มพฤติกรรมกรแทะเล็มหญ้า	Score ที่ได้
กินหญ้า 1	0.8492
กินหญ้า 2	0.4836
กินหญ้า 3	0.5282
กินหญ้า 4	0.3618
กินหญ้า 5	0.3095
กินหญ้า 6	0.5339
กินหญ้า 7	0.4615
กินหญ้า 8	0.974
กินหญ้า 9	0.1554
กินหญ้า 10	0.1397

จากการเปรียบเทียบค่าคะแนนทั้งหมด 40 ค่า ผลลัพธ์ที่ใกล้ 0 ที่สุดคือ 0.0012 ซึ่งตรงกับสัญญาณกลุ่มพฤติกรรมกรยืนนิ่ง ดังนั้นสัญญาณปัจจุบันที่ถูกคัดแยกจะระบุพฤติกรรมโคกำลังยืนนิ่งในขณะนั้น



4.2 การจำลองระบบที่นำเสนอ

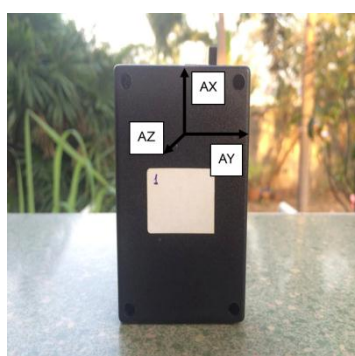
เพื่อพิสูจน์ระบบการคัดแยกพฤติกรรม ผู้วิจัยได้จำลองสถานการณ์จริงโดยใช้มือจับเซนเซอร์ ความเร่งและเคลื่อนไหวให้สัมพันธ์กับการเคลื่อนไหวของโคในแต่ละพฤติกรรมดังนี้

4.2.1 พฤติกรรมยืนนิ่ง

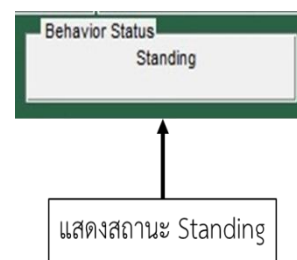
พฤติกรรมยืนนิ่ง ขณะโคจะยืนนิ่งจะไม่มีอาการขยับหรือมีอาการขยับเพียงเล็กน้อย ทำให้มุมองศาของแกน X ตั้งฉากกับลำตัวโค แกน Y ขนานกับลำตัวโค และแกน Z พุ่งออกจากตัวโค ดังแสดงในภาพประกอบ 4.2 จากผลการคัดแยกพฤติกรรม เมื่อตั้งเซนเซอร์ไว้ครบ 60 วินาที โปรแกรมจะแสดงสถานะยืนนิ่ง (Standing) ดังแสดงในภาพประกอบ



(ก)



(ข)



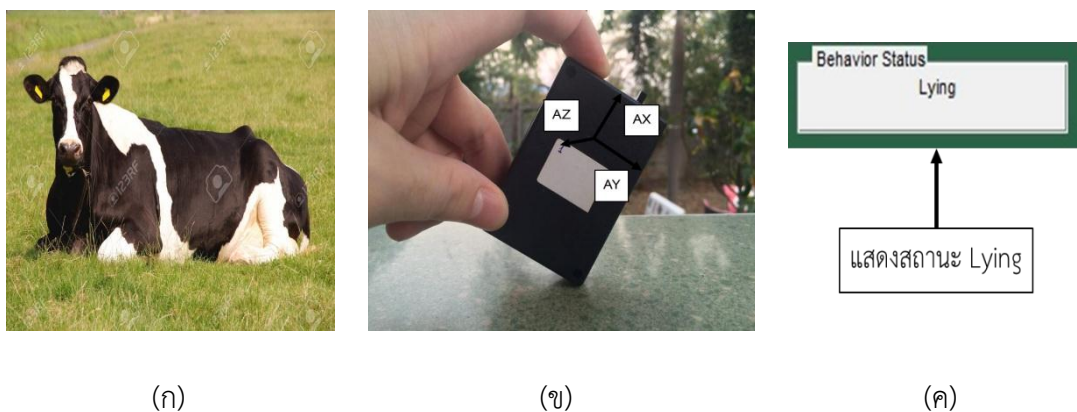
(ค)

ภาพประกอบ 4.2 การทดสอบพฤติกรรมยืนนิ่ง (ก) ทำทางโคยืนนิ่ง (ข) จำลองเซนเซอร์ตามลักษณะพฤติกรรมยืนนิ่ง (ค) ผลการแสดงผลสถานะของโปรแกรม

4.2.2 พฤติกรรมนอน

พฤติกรรมนอน ขณะโคนอนจะไม่มีอาการเคลื่อนไหวใดๆ ทำให้มุมองศาของแกน X Y และแกน Z ทำมุมองศา ดังแสดงในภาพประกอบ 4.3 จากผลการคัดแยก เมื่อตั้งเซนเซอร์ไว้ครบ 60 วินาที โปรแกรมจะแสดงสถานะนอน (Lying) ดังแสดงในภาพประกอบ

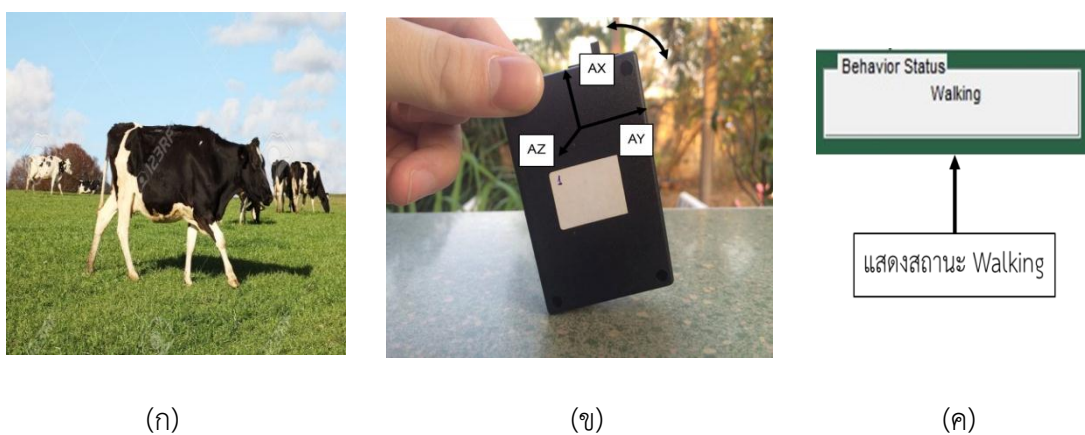




ภาพประกอบ 4.3 การทดสอบพฤติกรรมนอน (ก) ท่าทางโคนอน (ข) จำลองเซนเซอร์ตามลักษณะพฤติกรรมนอน (ค) ผลการแสดงผลสถานะของโปรแกรม

4.2.3 พฤติกรรมเดิน

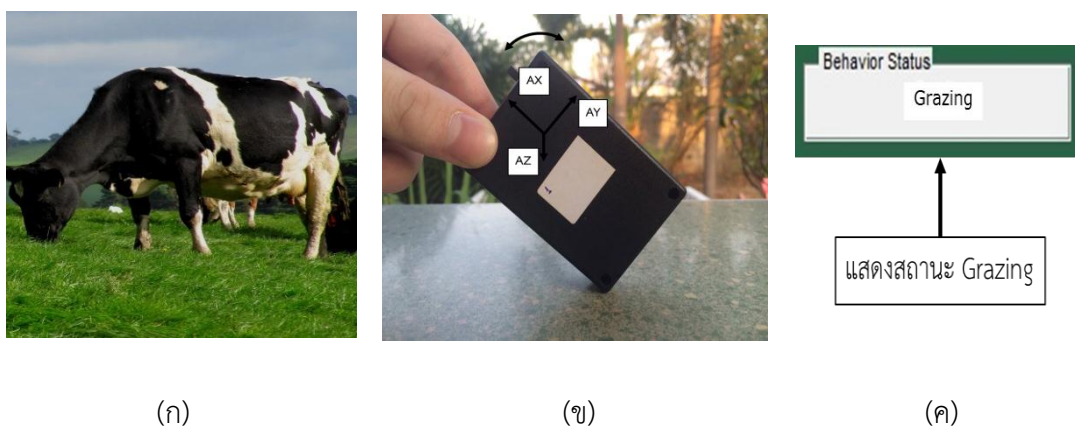
พฤติกรรมเดิน ขณะโคเดินจะมีการขยับร่างกายอยู่ตลอดเวลา ทำให้มุมองศาของแกน X และ Y ขยับไปมา ดังแสดงในภาพประกอบ 4.4 จากผลการตัดแยก เมื่อตั้งเซนเซอร์ไว้ครบ 60 วินาที โปรแกรมจะแสดงผลสถานะเดิน (Walking) ดังแสดงในภาพประกอบ



ภาพประกอบ 4.4 การทดสอบพฤติกรรมเดิน (ก) ท่าทางโคเดิน (ข) จำลองเซนเซอร์ตามลักษณะพฤติกรรมเดิน (ค) ผลการแสดงผลสถานะของโปรแกรม

4.2.4 พฤติกรรมกินหญ้า

พฤติกรรมกินเล็มหญ้า ขณะโคกินหญ้าจะมีการขยับบริเวณช่วงคออยู่ตลอดเวลา เนื่องจากการเคี้ยวเอื้อง ทำให้มุมองศาของแกน X และ Y ขยับไปมา ดังแสดงในภาพประกอบ 4.5 จากผลการตัดแยก เมื่อตั้งเซนเซอร์ไว้ครบ 60 วินาที โปรแกรมจะแสดงสถานะกินหญ้า (Grazing) ดังแสดงในภาพประกอบ



ภาพประกอบ 4.5 การทดสอบพฤติกรรมกินหญ้า (ก) ทำทางโคกินหญ้า (ข) จำลองเซนเซอร์ตามลักษณะพฤติกรรมกินหญ้า (ค) ผลการแสดงผลสถานะของโปรแกรม

4.3 การตัดแยกพฤติกรรมโคในสถานการณ์จริง

การตัดแยกพฤติกรรมโค ทำการทดลองโดย ใช้โคจำนวน 2 ตัว ทดสอบ ณ ฟาร์มมหาวิทยาลัยมหาสารคาม โดยการติดตั้งระบบสมองกลฝังตัวเพื่อทำการตัดแยกพฤติกรรม 6 ชั่วโมง จำนวนพฤติกรรม 360 พฤติกรรมต่อโคหนึ่งตัว ดังแสดงในภาพประกอบ 4.6 และ 4.7 การประเมินประสิทธิภาพนั้นจะเปรียบเทียบระหว่างการสังเกตด้วยคนและระบบสมองกลฝังตัวแสดงใน ซึ่งได้ผลลัพธ์ดังนี้

4.3.1 สังเกตด้วยคน

โคตัวที่ 1 : พฤติกรรมยืนนิ่งจำนวน 119 ครั้ง นอนจำนวน 11 ครั้ง เดินจำนวน 97 ครั้ง กินหญ้าจำนวน 133 ครั้ง

โคตัวที่ 2 : พฤติกรรมยืนนิ่งจำนวน 127 ครั้ง นอนจำนวน 14 ครั้ง เดินจำนวน 65 ครั้ง กินหญ้าจำนวน 154 ครั้ง



4.3.2 สังเกตด้วยระบบสมองกลฝังตัว

โคตัวที่ 1 : พฤติกรรมยืนนิ่งจำนวน 119 ครั้ง นอนจำนวน 11 ครั้ง เดินจำนวน 96 ครั้ง กินหญ้าจำนวน 134 ครั้ง

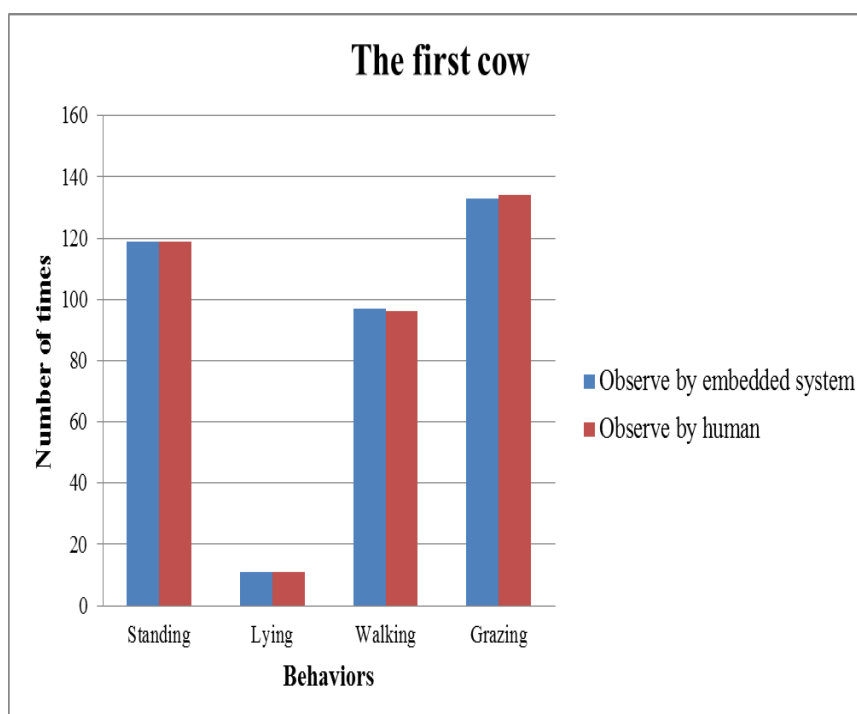
โคตัวที่ 2 : พฤติกรรมยืนนิ่งจำนวน 127 ครั้ง นอนจำนวน 14 ครั้ง เดินจำนวน 63 ครั้ง กินหญ้าจำนวน 156 ครั้ง

4.3.3 ผลการเปรียบเทียบการสังเกตด้วยคนและระบบที่นำเสนอ

คำนวณคลาดเคลื่อนของระบบสมองกลฝังตัวเปรียบเทียบกับ การสังเกตด้วยคนได้ผลลัพธ์ดังนี้

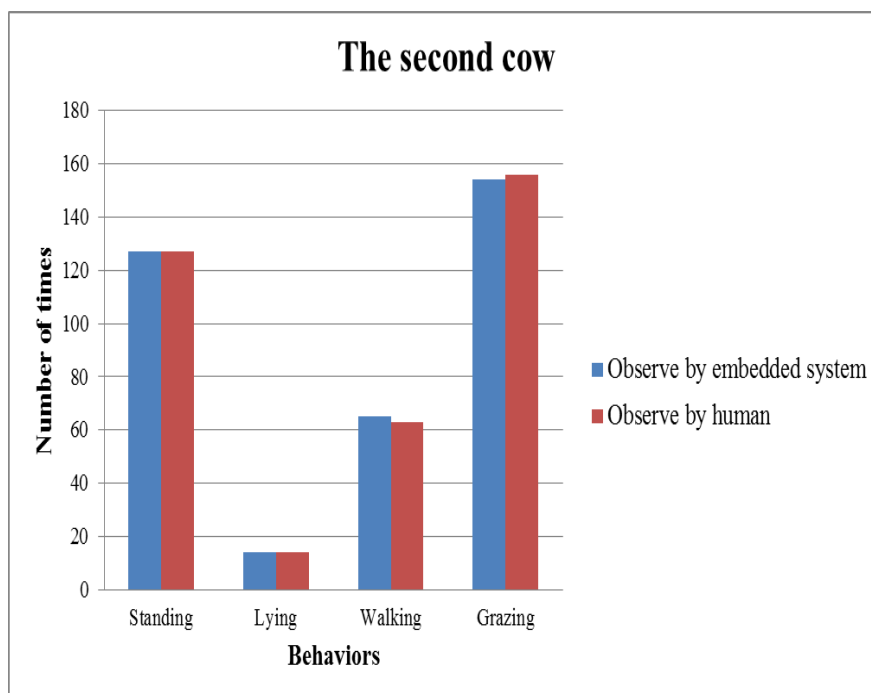
โคตัวที่ 1 : มีความคลาดเคลื่อนของพฤติกรรมการยืนนิ่ง 0%, การนอน 0% เดิน 1% และกินหญ้า 1%

โคตัวที่ 2 : มีความคลาดเคลื่อนของพฤติกรรมการยืนนิ่ง 0%, การนอน 0% เดิน 3% และกินหญ้า 2%



ภาพประกอบ 4.6 กลุ่มของแต่ละพฤติกรรม และจำนวนครั้งของพฤติกรรม ของโคตัวที่ 1





ภาพประกอบ 4.7 กลุ่มของแต่ละพฤติกรรม และจำนวนครั้งของพฤติกรรม ของโคตัวที่ 2

ตาราง 4.1 แสดงค่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องในการคัดแยกพฤติกรรมโคของระบบที่นำเสนอ

Number of cows	Accuracy			
	Standing (%)	Lying (%)	Walking (%)	Grazing (%)
Cow #1	100	100	99	99
Cow #2	100	100	97	98

จากตาราง 4.1 สรุปผลความถูกต้องในการคัดแยกแต่ละพฤติกรรมดังนี้

โคตัวที่ 1 ยืนนิ่ง 100% นอน 100% เดิน 99% และกินหญ้า 99%

โคตัวที่ 2 ยืนนิ่ง 100% นอน 100% เดิน 97% และกินหญ้า 98%



บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

5.1 ผลการคัดแยกพฤติกรรมของโคโดยไดนามิกส์ใหม่วอร์ปิง

การแยกแยะโคว่ามีสุขภาพดีหรือป่วย โดยทั่วไปจะสังเกตและประเมินด้วยการสังเกตรูปแบบพฤติกรรมของโค ได้แก่ การนอน ยืน เดิน เล็มหญ้า พฤติกรรมของโคอาจเปลี่ยนแปลงไปเมื่อโคป่วย เช่น การลดพฤติกรรมการเดินกินหญ้า ลดกิจกรรมการสืบพันธุ์ ไม่ค่อยกินอาหารและน้ำ รวมทั้งพฤติกรรมทางสังคมภายในฝูงเปลี่ยนไป [14] วิทยานิพนธ์เล่มนี้ได้นำเสนอข้อมูลที่ได้จากการวิจัยและพัฒนาระบบออกการิทึมเพื่อใช้ในการคัดแยกพฤติกรรมโคโดยไดนามิกส์ใหม่วอร์ปิง ที่ใช้เซนเซอร์ความเร่งติดที่คอของโค มีลักษณะเป็นสายคล้องคอ เช่นเซนเซอร์ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ อุปกรณ์ภาคส่งและภาครับ จากการทดลองระบบที่ได้พัฒนาขึ้นพบว่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องสูงสุดในการคัดแยกพฤติกรรมยืนนิ่ง นอน เดินและแทะเล็มหญ้า มีค่า 100%, 100%, 99% และ 99% ตามลำดับ

จากการทดลองระบบที่พัฒนาขึ้นโดยผู้วิจัยนั้น พบว่ามีความคลาดเคลื่อนของพฤติกรรมการเดินและกินหญ้า ซึ่งค่าสูงสุดเท่ากับ 3% และ 2% ตามลำดับ สัญญาณอ้างอิงเก็บจากโคหนึ่งตัว แต่สามารถใช้กับโคหลายตัว เมื่อนำไปทดลองกับโคตัวอื่นๆ ทำให้ปรากฏความคลาดเคลื่อน ซึ่งน่าจะเกิดจากตำแหน่งติดตั้งระบบมองกล้องตัวระหว่างโคตัวที่ 1 และ 2 มีตำแหน่งแตกต่างกัน สำหรับการยืนนิ่งและนอนนิ่ง ค่าความเร่งที่วัดได้มีอนุกรมเวลาคงที่และมีขนาดที่ต่างกันอย่างชัดเจน ทำให้สามารถคัดแยกพฤติกรรมได้ถูกต้อง ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของผู้อื่น [9] ที่ได้ทดลองใช้เซนเซอร์วัดความเร่งเฉลี่ยของแต่ละแกน โดยนำเซนเซอร์ไปติดที่ขาโค พบความคลาดเคลื่อนของการเดินแทะเล็มหญ้า ยืนและนอน คือ 2%, 13% และ 7% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยนี้ ความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ และสามารถติดตั้งระบบมองกล้องตัวได้ง่ายกว่า

5.2 ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้เสนอการคัดแยกพฤติกรรมโคโดยไดนามิกส์ใหม่วอร์ปิง ซึ่งเครื่องมือนี้สามารถนำไปใช้งานจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ ติดตั้งได้ง่าย และคัดแยกพฤติกรรมโคได้อย่างถูกต้อง ด้วยกระบวนการไดนามิกส์ใหม่วอร์ปิง สำหรับงานที่จะเกิดขึ้นในอนาคต สามารถนำระบบมองกล้องตัวไปใช้กับฟาร์มโค โดยประยุกต์ใช้สำหรับการสังเกตการณ์โคโดยไม่ใช้คน หรือเก็บเป็นสถิติ เช่น ปริมาณการกินหญ้าต่อวัน รวมถึงตรวจสอบพฤติกรรมผิดปกติของโค เพื่อประเมินสุขภาพของโคในเบื้องต้น และสามารถพัฒนาต่อได้ โดยนำไปสังเกตพฤติกรรมกับสัตว์อื่นๆ



เอกสารอ้างอิง



เอกสารอ้างอิง

- [1] กรมปศุสัตว์. ข้อมูลสถิติประจำปี กรมปศุสัตว์. [Online]. 2553. [cited 17 July 2017]; Available from: www.vet.mut.ac.th/vetkm/content06/thai_native_beef_from_farmer_to_consumer.pdf.
- [2] ยอดชาย ทองไทยนิษฐ์, ไพโรจน์ ศิริสม, สว่าง อังกูโร, จารุวัฒน์ นุตเดชานันท์. “การเลี้ยงโคเนื้อ” กรุงเทพฯ: ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย; 2548.
- [3] นภาพร เวชกามา, ธีระรัตน์ ชินแสน, และวันทนีย์ พลวิเศษ. “การผลิตและการจัดการโคเนื้อแบบซังคอกและแบบปล่อยฝูงของเกษตรกร อำเภอบรบือ จังหวัดมหาสารคาม. แก่นเกษตร ฉบับพิเศษ 1 2560; 45: 1476-1482.
- [4] Eigenberg RA, Brown-Brandl TM, Nienaber JA. “Sensors for dynamic physiological measurements”. *Computers and Electronics in Agriculture* 2008; 62[1]: 41-47.
- [5] Darr M, Epperson W. “Embedded sensor technology for real time determination of animal lying time”. *Computers and Electronics in Agriculture* 2009; 66[1]: 106-111.
- [6] รัฐพล ดุลยะลา, วันไชย คำแสน, ก้องภพ ชาอามาตย์, วิจิตรา อีสแตม, วรวัฒน์ เสงี่ยมวิบูล, อภินันท์ อรุโสมถน. “เซนเซอร์วัดหัวเข่าสำหรับตรวจสอบพฤติกรรมของโค”. การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 13 การผสมผสานเทคโนโลยีและการเกษตรแบบยั่งยืน; 4-5 เมษายน 2555; เชียงใหม่, ประเทศไทย: โอเอส พรินติ้ง; 2555. หน้า 16-22.
- [7] Charlton GL, Bouffard V, Gibbons J, Vasseur E, Haley DB, Pellerin D, Rushen J, de Passille AM. “Can automated measures of lying time help assess lameness and leg lesions on tie-stall dairy farms?”. *Applied Animal Behaviour Science* 2016; 175: 14-22.
- [8] Pastell M, Tiusanen J., Hakojärvi M, Hänninen L. “A wireless accelerometer system with wavelet analysis for assessing lameness in cattle”. *Biosystems Engineering* 2009; 104[4]: 545-551.
- [9] Kuankid S, Rattanawong T, Aurasopon A. “Classification of the cattle's behaviors by using accelerometer data with simple behavioral technique”. *IEEE 2015; INSPEC Accession Number: 14931976*.
- [10] Nadimi ES, Sogaard HT, Bak T. “ZigBee-based wireless sensor networks for classifying the behaviour of a herd of animals using classification trees”. *Biosystems Engineering* 2008; 100[2]: 167-176.



- [11] Martiskainen P, Järvinen M, Skön J, Tiirikainen J, Kolehmainen M, Mononen J. “Cow behaviour pattern recognition using a three-dimensional accelerometer and support vector machines”. *Applied Animal Behaviour Science* 2009; 119[1-2]: 32-38.
- [12] Hokkanen A, Hänninen L, Tiusanen J, Pastell M. “Predicting sleep and lying time of calves with a support vector machine classifier using accelerometer data”. *Applied Animal Behaviour Science* 2011; 134[1-2]: 10-15.
- [13] Dutta R, Smith D, Rawnsley R, Bishop-Hurley G, Hills J, Timms G, Henry D. “Dynamic cattle behavioural classification using supervised ensemble classifiers”. *Computers and Electronics in Agriculture* 2015; 111: 18-28.
- [14] Escalante HJ, Rodriguez SV, Cordero J, Kristensen AR, Cornou C. “Sow-activity classification from acceleration patterns: A machine learning approach”. *Computers and Electronics In Agriculture* 2013; 93: 17-26.
- [15] Giorgino T. “Computing and Visualizing Dynamic Time Warping Alignments in R: The dtw Package”. *Journal of Statistical Software* 2009; 31[7] : 1–24.



ภาคผนวก



ภาคผนวก ก
คุณสมบัติอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์



คุณสมบัติอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์

1. เซนเซอร์ความเร่ง

เซ็นเซอร์วัดความเร่ง เป็นอุปกรณ์ที่ใช้วัดความเร่ง (g) ในโครงการนี้ใช้เซ็นเซอร์เบอร์ ADXL335 ซึ่งเป็นเซ็นเซอร์วัดความเร่ง 3 แกน คือ แกน X, Y, Z ใช้แหล่งจ่ายไฟเลี้ยง 1.8-3.6 V ระดับอุณหภูมิที่สามารถทำงานได้ คือ -40 ถึง +86 องศาเซลเซียส ซึ่งให้อาต์พุตเป็นอนาล็อกในลักษณะแรงดันไฟฟ้า นั่นคือ เมื่อแต่ละแกนมีการเปลี่ยนแปลงมุมองศา แรงดันเอาต์พุตที่ส่งออกมาจะเปลี่ยนแปลง ซึ่งระดับแรงดันจะมีความสัมพันธ์กับมุมองศาที่เปลี่ยนแปลงของแต่ละแกน



ภาพประกอบ ก.1 แสดงโมดูลใช้งานเซนเซอร์ความเร่ง ADXL 335

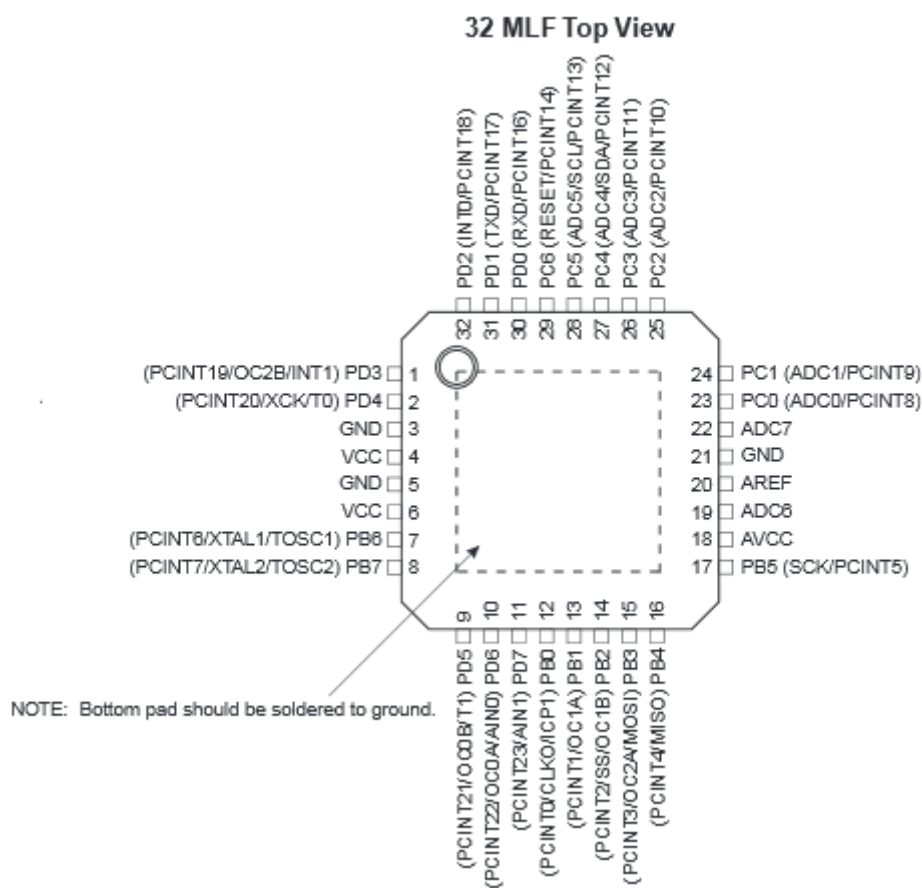
2. ไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้สำหรับแปลงลักษณะสัญญาณจากสัญญาณอนาล็อกให้เป็นสัญญาณดิจิทัลใช้ ATMEGA328P โครงสร้างหลักคือ ซีพียู, หน่วยความจำโปรแกรม, หน่วยความจำข้อมูล, ส่วนติดต่ออินพุต-เอาต์พุต, วงจรสัญญาณนาฬิกา, วงจรไฟเลี้ยง, วงจรรีเซตหลัก และมีคุณสมบัติโดยทั่วไปของไมโครคอนโทรลเลอร์ต่างๆ

- ✓ 1.8-5.5V operating range
- ✓ Up to 20MHz
- ✓ Part: ATMEGA328P-AU
- ✓ 32kB Flash program memory
- ✓ 1kB EEPROM
- ✓ 2kB Internal SRAM
- ✓ 2 8-bit Timer/Counters
- ✓ 1 16-bit Timer/Counter
- ✓ RTC with separate oscillator



- ✓ 6 PWM Channels
- ✓ 8 Channel 10-bit ADC
- ✓ Serial USART
- ✓ Master/Slave SPI interface
- ✓ 2-wire (I2C) interface
- ✓ Watchdog timer
- ✓ Analog comparator
- ✓ 23 IO lines
- ✓ Data retention: 20 years at 85C/ 100 years at 25C



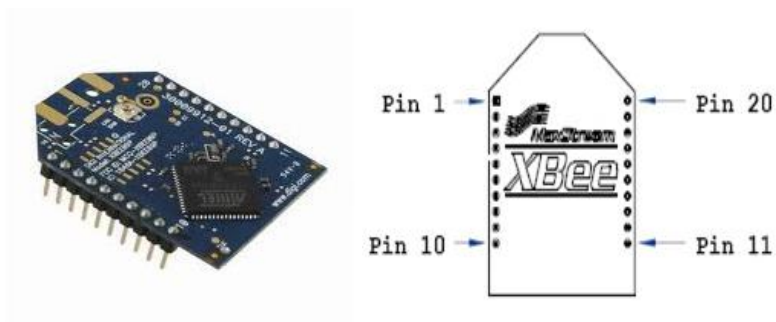
ภาพประกอบ ก.2 แสดงพล็อตของ PIC16F88



3. ตัวรับ-ส่งสัญญาณแบบไร้ Xbee

ในการส่งสัญญาณข้อมูลจากชุดเซนเซอร์ไปยังคอมพิวเตอร์จะใช้อุปกรณ์ ส่งสัญญาณแบบไร้สายโดยใช้ Xbee โมดูลรับส่งข้อมูลไร้สาย point-to-multipoint protocol ออกแบบสำหรับส่งข้อมูลในระยะทางที่ไกล ซึ่งคุณสมบัติและลักษณะในการใช้งานดังนี้

- ✓ กำลังส่ง 50 mW
- ✓ ความถี่ใช้งาน 2.4 GHz
- ✓ ระยะทางรับส่ง 1.5 km
- ✓ สั่งการด้วย AT Command
- ✓ ความเร็วในการรับส่งข้อมูล 156 Kbps
- ✓ กระแสไฟฟ้าขณะส่งข้อมูล 210 mA
- ✓ กระแสไฟฟ้าขณะรับข้อมูล 80 mA
- ✓ กระแสไฟฟ้าขณะ sleep 60 uA
- ✓ ขนาดโมดูล 2.438 cm x 3.294 cm



ภาพประกอบ ก.3 ลักษณะของ Xbee Pro Series 1

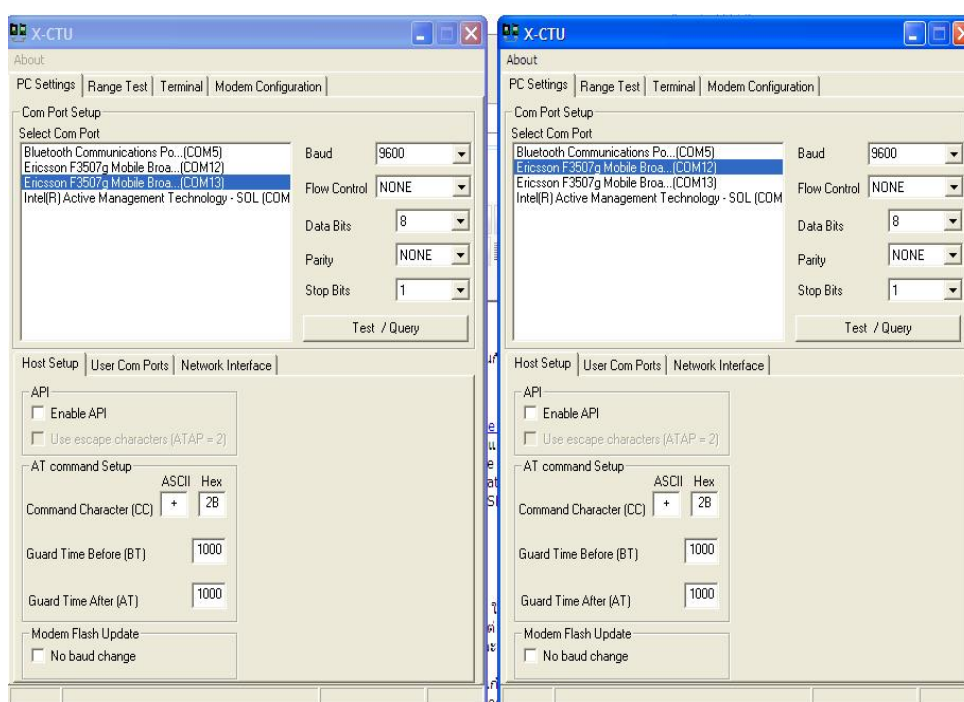
ภาคผนวก ข
การใช้งานอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์



การใช้งานอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์

ทดสอบการใช้งาน Xbee และ Software X-CTU

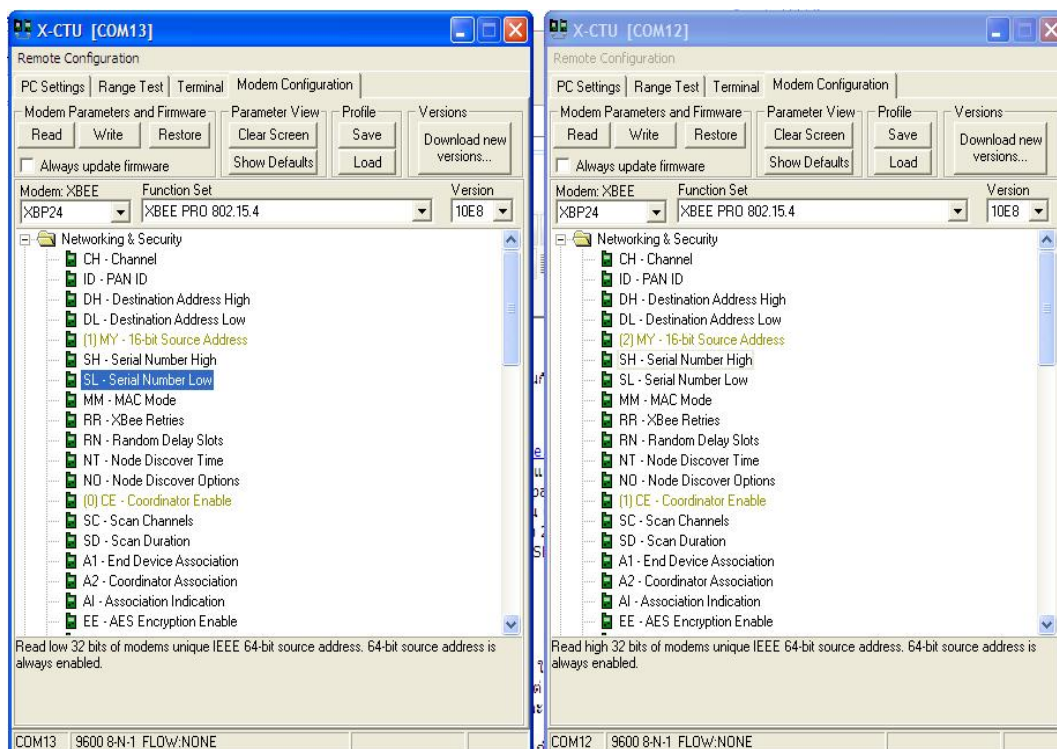
1. ทำการ set parameter ให้ติดต่อกันแบบ Point to Point เมื่อทำการเชื่อมต่อโมดูล Xbee และ USB Dongle เข้ากับ PC ทั้ง 2 ชุดเรียบร้อยแล้วให้เปิดโปรแกรม X-CTU ขึ้น 2 ชุดเช่นกัน แล้วทำการเลือก COM Port (UART) ในแต่ละชุดให้ถูกต้อง



ภาพประกอบ ข.1 แสดงการกำหนดค่าการใช้งานของ Xbee

2. ที่โปรแกรม X-CTU ให้เลือก Tab "Modem Configuration" แล้วทำการ set parameter โดยให้ฝั่งหนึ่งเป็น End Device ด้วยการ Set Parameter ในหมวด Networking & Security >> CE=0 และ ค่า MY = 1 และ ฝั่งอีกหนึ่ง เป็น Coordinator ด้วยการ Set Parameter ในหมวด Networking & Security >> (CE=1) และ ค่า MY = 2 ทั้งนี้ ได้ set baud rate ที่ตัว Xbee ทั้ง 2 ตัว ที่ 9600 bps (BD=3)





ภาพประกอบ ข.2 แสดงการกำหนดค่า xbee ให้เป็น Coordinator และ End Device

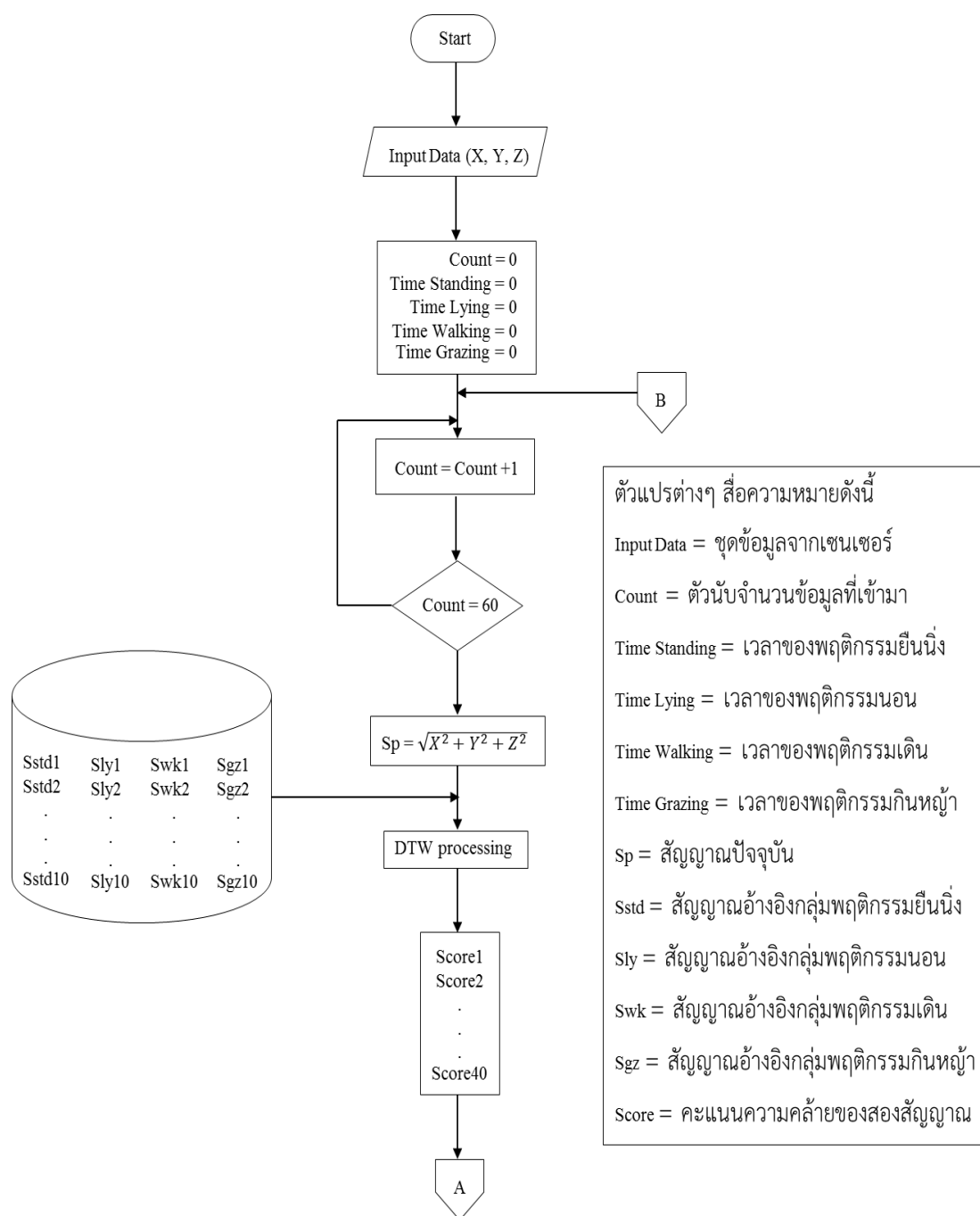
3. ทำการ set ให้ parameter DH และ DL ของแต่ละฝั่งให้มีค่าเท่ากับ SH และ SL ของฝั่งตรงข้าม โดย SH SL เป็นค่า address ที่เราเปลี่ยนไม่ได้ (Read Only) เป็นค่าที่ใส่มาจากโรงงาน วิธีการดูค่า SH และ SL ของ Xbee สามารถดูได้ 2 วิธีคือ ให้กด Read เพื่อ Load ค่าของ Xbee เข้ามา จะทำให้สามารถ Click ดูค่า SH และ SL ได้ และวิธีที่ 2 คือดูจากทางด้านใต้ของตัว Xbee จะมี Sticker ปะหมายเลข SH,SL มาให้แล้ว

4. กด write firmware แล้วทดสอบใช้งาน



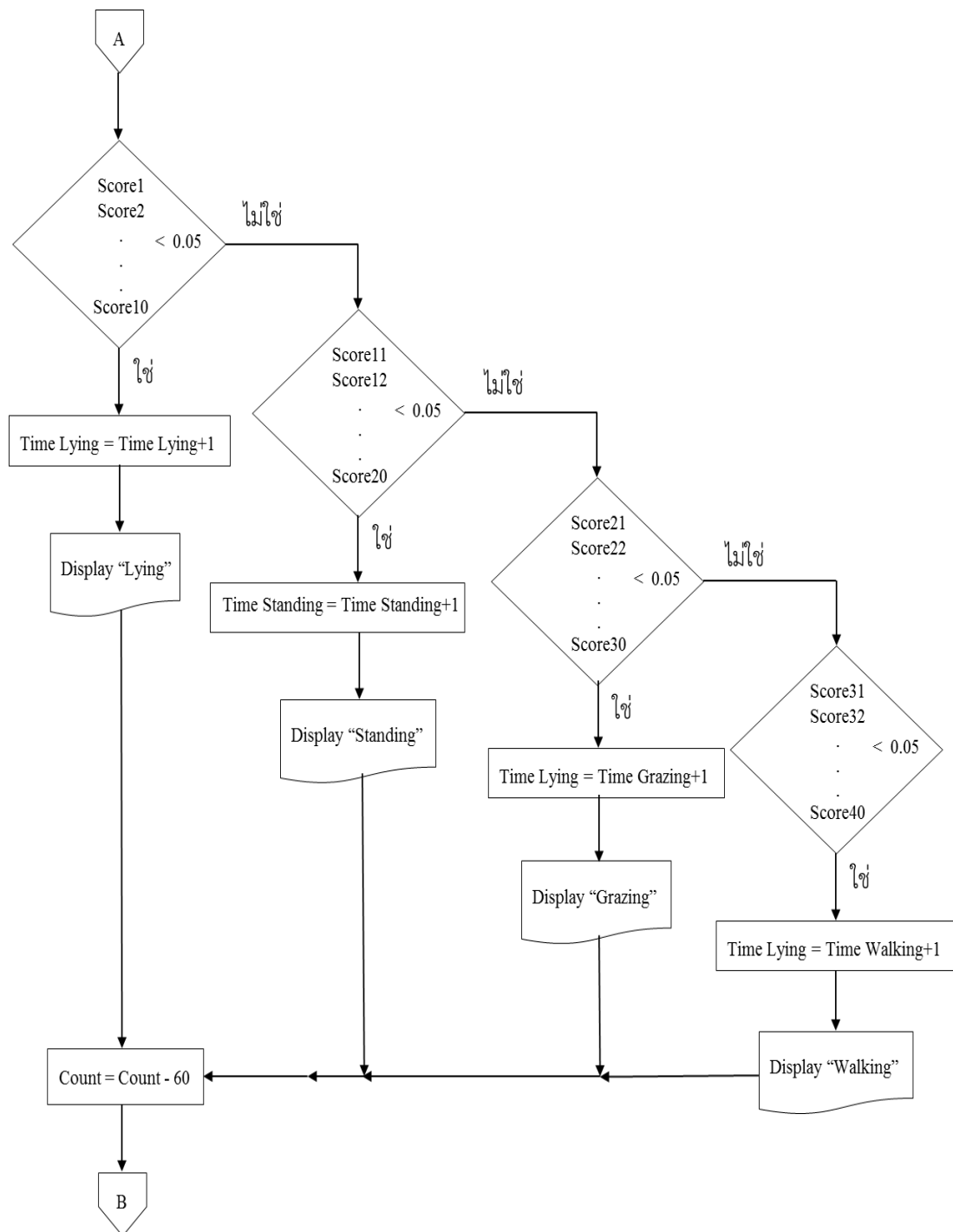
ภาคผนวก ค
โปรแกรมและการทดลอง





ภาพประกอบ ค.1 แสดงโฟลว์ชาร์ตโปรแกรมคัดแยก





ภาพประกอบ ค.2 แสดงโฟลว์ชาร์ตโปรแกรมคัดแยก (ต่อ)



ประวัติย่อผู้วิจัย



ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ นามสกุล	นายกฤตานน ประเทพา
วัน เดือน ปีเกิด	วันที่ 12 เมษายน พ.ศ. 2534
จังหวัด และประเทศที่เกิด	อำเภอเมือง จังหวัดร้อยเอ็ด
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2549 มัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม พ.ศ. 2552 มัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัย มหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม พ.ศ. 2556 ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ พ.ศ. 2560 ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้	เลขที่ 101 หมู่ 11 ตำบลเหนือเมือง อำเภอเมือง จังหวัดร้อยเอ็ด 45000

รางวัลเรียนดี ทุนวิจัย และทุนการศึกษา

โครงการวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากเงินทุนอุดหนุนการวิจัยจากงบประมาณรายได้ ประจำปี
งบประมาณ 2560 มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

