

การคัดแยกความเป็นสัดของโคโคโดยใช้วิธีไดนามิกส์ใหม่เวอร์ปิง

รัฐพล ดุลยะลา

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

กรกฎาคม 2560

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

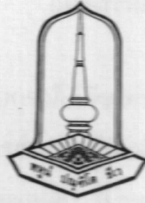


การคัดแยกความเป็นสัดของโคโคโดยใช้วิธีไดนามิกส์ใหม่วอร์ปิง

รัฐพล ดุลยะลา

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
กรกฎาคม 2560
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม





คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของนายรัฐพล ดุลยะลา
แล้วเห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

(ผศ.ดร.อดิเรก จันตะคุณ)

ประธานกรรมการ

(ผู้ทรงคุณวุฒิ)

(รศ.ดร.อภินันท์ อรุโสม)

กรรมการ

(อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก)

(รศ.ดร.วรวัฒน์ เสงี่ยมวิบูล)

กรรมการ

(อาจารย์บัณฑิตศึกษาประจำคณะ)

(ผศ.ดร.ณัฐวุฒิ สุวรรณทา)

กรรมการ

(อาจารย์บัณฑิตศึกษาประจำคณะ)

มหาวิทยาลัยขอนแก่นให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

(รศ.ดร.อนงค์ฤทธิ์ แข็งแรง)

คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(ศ.ดร.ประดิษฐ์ เทอดบุล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ 31 เดือน ก.ค. พ.ศ. 2560



กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความกรุณาและความช่วยเหลืออย่างสูงยิ่งจากบุคคลต่างๆ หลายท่านดังนี้ รองศาสตราจารย์ ดร.อภินันท์ อรุโสมถน ประธานกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ ท่านคอยให้คำชี้แนะ ดูแล เอาใจใส่และแนะนำแนวทางทั้งการเรียน การทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี รวมถึง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อดิเรก จันตะคุณ ประธานกรรมการสอบและผู้ทรงคุณวุฒิ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐวุฒิ สุวรรณทา และรองศาสตราจารย์ ดร.วรวัฒน์ เสงี่ยมวิบูล คณะกรรมการสอบ ที่ให้คำแนะนำที่ดีเพื่อให้วิทยานิพนธ์นี้สมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ ห้องวิจัยอิเล็กทรอนิกส์เพื่อเกษตรกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ทำงาน เครื่องมือและอุปกรณ์ ทั้งในการเรียนและการทำงานวิจัย

ขอขอบพระคุณ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์ที่สนับสนุนทุนการศึกษา และเอื้อเฟื้อสถานที่วิจัย รวมทั้งเครื่องมือและอุปกรณ์ทดลอง

ขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่ น้องทุกคน Ph.D. วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ทุกท่าน ที่ช่วยเหลือให้กำลังใจและคำแนะนำ

สุดท้ายข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณพ่อสมฤทธิ์ แม่ตรุณี ดุลยะลา ที่ทนลำบาก เหน็ดเหนื่อยในการเลี้ยงดู เสียสละหลายสิ่งหลายอย่างในชีวิตที่ผ่านมาให้ลูกได้มีวิชา ความรู้จนได้รับความเจริญก้าวหน้าในชีวิตในทุกด้าน รวมทั้งคุณวิจิตรและคุณจรรยา พี่สาวและน้องสาวที่ให้กำลังใจ และช่วยเหลือตลอดมา และคุณพรรณลักษณ์ ดุลยะลา ภรรยาที่รู้ใจ คอยดูแลเอาใจใส่ และให้กำลังใจ

รัฐพล ดุลยะลา



ชื่อเรื่อง	การคัดแยกความเป็นสัดของโคโดยใช้ไดนามิกส์ใหม่เวอร์บปีง		
ผู้วิจัย	นายรัฐพล ดุลยะลา		
ปริญญา	ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต	สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร.อภิรักษ์ อรุโสมณ		
มหาวิทยาลัย	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม	ปีที่พิมพ์	2560

บทคัดย่อ

การตรวจความเป็นสัด เป็นปัจจัยหลักที่เกษตรกรผู้เลี้ยงโคให้ความสำคัญ แต่เนื่องจากโคที่เลี้ยงมีจำนวนมาก ทำให้ยากต่อการสังเกตและคัดแยก ปัญหานี้ส่งผลกระทบต่อการผสมพันธุ์และลดปริมาณผลผลิตในฟาร์ม ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเสนอระบบการคัดแยกความเป็นสัด ด้วยการวัดความเหมือนของเวลาของพฤติกรรมโคในแต่ละวันโดยใช้ไดนามิกส์ใหม่เวอร์บปีง กระบวนการคัดแยกแบ่งเป็นสองส่วนคือ 1) การหาค่าความเหมือนอ้างอิง โดยที่พฤติกรรมของโคแต่ละตัวขณะปกติถูกเก็บเป็นฐานข้อมูลอ้างอิงในรูปของอนุกรมเวลา ข้อมูลทั้งหมดถูกนำมาจับคู่เปรียบเทียบแบบอนุกรมเพื่อวัดความเหมือนผลลัพธ์ที่ได้คือกลุ่มของคะแนนความเหมือน โดยที่คะแนนสูงสุดถูกใช้เป็นตัวอ้างอิง และ 2) การคัดแยกความเป็นสัด อนุกรมเวลาของพฤติกรรมโคในปัจจุบันถูกนำไปเปรียบเทียบความเหมือนกับอนุกรมเวลาของฐานข้อมูลแต่ละวัน ผลลัพธ์คือกลุ่มของคะแนนความเหมือน ถ้าคะแนนเหล่านี้มากกว่าค่าอ้างอิง แสดงว่าโคเริ่มมีพฤติกรรมเป็นสัด

โคห้าตัวถูกใช้ทดสอบสำหรับยืนยันความถูกต้องของระบบที่เสนอ การทดสอบแบ่งเป็นสองส่วนคือ 1) กระบวนการคัดแยกพฤติกรรมและเปลี่ยนผลลัพธ์ให้อยู่ในรูปของอนุกรมเวลา จากการทดสอบพบว่าค่าเฉลี่ยของความถูกต้อง กรณีพฤติกรรมการเดินและแทะเล็มหญ้า 99% พฤติกรรมการยืน 94 % และพฤติกรรมการนอน 94% และ 2) การวัดความถูกต้องของกระบวนการคัดแยกความเป็นสัด ข้อมูลอนุกรมเวลาอ้างอิงของพฤติกรรมโคถูกจัดเก็บขณะปกติเป็นระยะเวลา 10 วัน ผลลัพธ์จากการหาค่าอ้างอิงของโคแต่ละตัวได้ดังนี้คือ 31, 25, 20, 25 และ 85 หลังจากนั้นอนุกรมเวลาของพฤติกรรมโคแต่ละตัวในวันที่ 11-20 ถูกนำมาวัดความเหมือนกับอนุกรมเวลาอ้างอิงของพฤติกรรมโคแต่ละตัวของวันที่ 1-10 ผลการทดสอบได้ดังนี้ โคแสดงอาการเป็นสัดจำนวนสี่ตัวในวันที่ 20, 15, 17 และ 17 ตามลำดับ ขณะที่ตัวที่ห้ามีอาการปกติ เพราะค่าความเหมือนทุกวันมีค่าต่ำกว่าค่าความเหมือนอ้างอิง

คำสำคัญ : การคัดแยกพฤติกรรม; ความเป็นสัด; ไดนามิกส์ใหม่เวอร์บปีง



TITLE The Classification of Cow's Estrus Using Dynamic Time Warping
AUTHOR Mr. Rattapon Dulyala
DEGREE Doctor of Philosophy **MAJOR** Electrical and Computer Engineering
ADVISOR Assoc. Prof. Apinan Aurasopon, Ph.D.
UNIVERSITY Mahasarakham University **YEAR** 2017

ABSTRACT

Estrus detection is considered the major factor that cattle farmers pay attention to. However, due to a large number of cattle raised in each farm, it is difficult to observe and classify cattle. This issue not only affects the artificial insemination, but also decreases the productivity. Thus, this study presented the classification of estrus in cattle using Dynamic Time Warping. The classifying procedures were divided into two parts. The first part involved finding the reference similarities. In this part, the normal behavioral data of each cow was collected as the reference time series database. All of the data were matched and compared as the time series in order to find the similarities. The result received was a group of the similar scores; the maximum score was utilized as the reference value. The second part involved the classification of estrus. In this part, the time series of the similarities of cows' behavior in the present time was compared with the everyday-time series database. The outcome was a group of the similar scores. If these scores were greater than the reference value, it indicated a cow's estrous period.

Five cows were used to verify the accuracy of the proposed system. The experiment was divided into two parts. The first part involved the process of the behavioral classification and the change of the outcome alteration to be the form of the reference time series. The experiment revealed that the average of the accuracy was divided as follows: walking-grazing behavior 99%, standing behavior 94%, and lying behavior 94%. In the second part, which involved the accuracy measurement of the estrous classification process, the reference time series data of the cows' normal behavior was collected within a 10-day timeframe. The outcomes of the individual cow's reference value evaluation were as follows: 31, 25, 20, 25 and 85. Then, the individual cow's time reference series from day 11-20 was compared to find the similarities with the time reference series of the first period (day 1-10). The result indicated that there were four cows showing the sign of being in estrous period on day



20, 15, 17 and 17 respectively. On the other hand, cow #5 appeared normal because the day-to-day similarity value was less than the reference similarity.

Key Words : Classification Behavior; Estrus; Dynamic Time Warping



สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
สารบัญ	จ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญภาพประกอบ	ซ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ภูมิหลัง	1
1.2 ความมุ่งหมายของการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	2
1.4 สถานที่ทำการวิจัย	3
1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ	3
บทที่ 2 ปรัชญาเอกสารข้อมูล	4
2.1 ความเป็นสัดในโค	4
2.1.1 ลักษณะความเป็นสัด	4
2.1.2 การตรวจความเป็นสัด	6
2.2 วิธีการผสมพันธุ์โค	8
2.2.1 การปล่อยให้พ่อโคคุมฝูง	9
2.2.2 การจูงผสมพันธุ์	9
2.2.3 การผสมเทียม	10
2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในการสังเกตพฤติกรรมความเป็นสัดของโค	11
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	18
3.1 ระบบสมองกลฝังตัว	18
3.1.1 การติดตั้งภาคส่งสำหรับตรวจวัดพฤติกรรมโค	19
3.2 กระบวนการคัดแยกพฤติกรรมโค	20
3.2.1 ค่าอ้างอิงสำหรับการคัดแยกพฤติกรรม	20
3.2.2 การคัดแยกข้อมูลแต่ละกลุ่มพฤติกรรม	22
3.2.3 การปรับข้อมูลพฤติกรรมให้อยู่ในรูปของอนุกรมเวลา	24



สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.3 ไดนามิกส์ไทม์วอร์ปิง	25
3.3.1 หลักการของไดนามิกส์ไทม์วอร์ปิง	25
3.3.2 ขั้นตอนการสร้างเมตริกซ์ต้นทุนสะสม D	26
3.4 การคัดแยกความเป็นสัดของโคโดยไดนามิกส์ไทม์วอร์ปิง	30
บทที่ 4 ผลการวิจัยและการอภิปราย	34
4.1 ผลการทดลองกระบวนการคัดแยกข้อมูลพฤติกรรมโค	34
4.1.1 การหาค่าเฉลี่ยของแต่ละแกนและค่าความแปรปรวนในแกน Y' อ้างอิง	34
4.1.2 การทดลองเก็บข้อมูลโค	36
4.1.3 การปรับข้อมูลของแต่ละกลุ่มพฤติกรรมให้อยู่ในรูปของอนุกรมเวลา	43
4.2 ผลทดลองหาค่าระยะทางสะสมอ้างอิงจากข้อมูลอนุกรมเวลาอ้างอิง	45
4.3 ผลการทดลองคัดแยกความเป็นสัดของโคโดยไดนามิกส์ไทม์วอร์ปิง	51
4.3.1 ผลการทดลองคัดแยกความเป็นสัดของโคตัวที่ 1	51
4.3.2 ผลการทดลองคัดแยกความเป็นสัดของโคตัวที่ 2	55
4.3.3 ผลการทดลองคัดแยกความเป็นสัดของโคตัวที่ 3	58
4.3.4 ผลการทดลองคัดแยกความเป็นสัดของโคตัวที่ 4	61
4.3.5 ผลการทดลองคัดแยกความเป็นสัดของโคตัวที่ 5	64
บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอ	67
5.1 สรุปผล	67
5.2 อภิปรายผล	68
5.3 ข้อเสนอแนะ	68
เอกสารอ้างอิง	69
ภาคผนวก	72
ประวัติผู้วิจัย	75



สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 4.1 ข้อมูลที่ได้จากการสังเกตผ่านวิดีโอและจากระบบการคัดแยกของโคตัวที่ 1 ในวันที่ 1 – 10	36
ตารางที่ 4.2 ข้อมูลที่ได้จากการสังเกตผ่านวิดีโอและจากระบบการคัดแยกของโคตัวที่ 2 ในวันที่ 1 – 10	37
ตารางที่ 4.3 ข้อมูลที่ได้จากการสังเกตผ่านวิดีโอและจากระบบการคัดแยกของโคตัวที่ 3 ในวันที่ 1 – 10	39
ตารางที่ 4.4 ข้อมูลที่ได้จากการสังเกตผ่านวิดีโอและจากระบบการคัดแยกของโคตัวที่ 4 ในวันที่ 1 – 10	40
ตารางที่ 4.5 ข้อมูลที่ได้จากการสังเกตผ่านวิดีโอและจากระบบการคัดแยกของโคตัวที่ 5 ในวันที่ 1 – 10	41
ตารางที่ 4.6 ความถูกต้องของกระบวนการคัดแยกพฤติกรรมโค	42
ตารางที่ 4.7 ค่าสูงสุดของระยะทางสะสมอ้างอิง	51



สารบัญภาพประกอบ

	หน้า
ภาพประกอบ 2.1 ยืนนิ่งให้โคตัวอื่นขึ้นขี่	4
ภาพประกอบ 2.2 เมื่อกลไกลออกจากอวัยวะเพศ	5
ภาพประกอบ 2.3 ส่งเสียงร้องหาโคตัวผู้	5
ภาพประกอบ 2.4 ดินโคลนที่ติดอยู่บริเวณหลัง	6
ภาพประกอบ 2.5 ช่วงเวลาที่เหมาะสมแก่การผสมพันธุ์	6
ภาพประกอบ 2.6 ระดับของฮอร์โมนที่เกี่ยวข้องในวงจรความเป็นสัด	7
ภาพประกอบ 2.7 การปล่อยให้พ่อโคคุมฝูง	8
ภาพประกอบ 2.8 การจูงผสมพันธุ์	10
ภาพประกอบ 2.9 การผสมเทียม	10
ภาพประกอบ 2.10 การสังเกตพฤติกรรมความเป็นสัดโดยผู้เลี้ยง	11
ภาพประกอบ 2.11 การสังเกตโดยใช้สติ๊กเกอร์ธงสี	12
ภาพประกอบ 2.12 กระบวนการทำนายความเป็นสัดโดยใช้ เทคนิคพีชชีลอจิก	12
ภาพประกอบ 2.13 ข้อมูลพฤติกรรมที่ได้จากเซนเซอร์ในแต่ละช่วงเวลา	13
ภาพประกอบ 2.14 การนับจำนวนพฤติกรรมที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงเวลา	14
ภาพประกอบ 2.15 กระบวนการตรวจความเป็นสัดอ้างอิงจากวงจรความเป็นสัด	14
ภาพประกอบ 2.16 การเปรียบเทียบพฤติกรรมการนอนในช่วงที่ไม่เป็นสัดและช่วงที่เป็นสัด	15
ภาพประกอบ 2.17 ข้อมูลพฤติกรรมช่วงก่อนเป็นสัดและช่วงเป็นสัด	16
ภาพประกอบ 2.18 การเปรียบเทียบความแม่นยำในแต่ละเทคนิคที่ใช้ในการตรวจความเป็นสัด	16
ภาพประกอบ 3.1 บล็อกไดอะแกรมภาคส่ง	18
ภาพประกอบ 3.2 บล็อกไดอะแกรมภาครับ	19
ภาพประกอบ 3.3 ลักษณะการติดตั้งอุปกรณ์สำหรับวัดพฤติกรรมความเป็นสัด	19
ภาพประกอบ 3.4 บล็อกไดอะแกรมกระบวนการคัดแยกข้อมูลพฤติกรรมโค	20
ภาพประกอบ 3.5 ลักษณะสัญญาณข้อมูลของแต่ละพฤติกรรม	21
ภาพประกอบ 3.6 รูปแบบพฤติกรรมของโคในรูปของข้อมูลอนุกรมเวลา	24
ภาพประกอบ 3.7 มิติของเมตริกซ์ X และเมตริกซ์ Y	25
ภาพประกอบ 3.8 เมตริกซ์ d เกิดจากผลต่างสมบูรณ์ของเมตริกซ์ X และ Y	26
ภาพประกอบ 3.9 เมตริกซ์ D ในการเทียบความคล้ายคลึงของข้อมูลจริง	27
ภาพประกอบ 3.10 คอลัมน์ที่หนึ่งของเมตริกซ์ต้นทุนสะสม	27
ภาพประกอบ 3.11 แถวที่หนึ่งของเมตริกซ์ต้นทุนสะสม	28



สารบัญภาพประกอบ (ต่อ)

	หน้า
ภาพประกอบ 3.12 แฉวที่สองของเมตริกซ์ต้นทุนสะสม	28
ภาพประกอบ 3.13 องค์ประกอบสมบูรณ์ของเมตริกซ์ต้นทุนสะสม	29
ภาพประกอบ 3.14 เส้นทางบิตเบียนของเมตริกซ์ต้นทุนสะสม	29
ภาพประกอบ 3.15 คะแนนความคล้ายคลึงของข้อมูล	30
ภาพประกอบ 3.16 ระบบคัดแยกพฤติกรรมความเป็นสัดโดยวิธีไดนามิกส์ใหม่เวอร์บปิง	31
ภาพประกอบ 3.17 การเปรียบเทียบหาความคล้ายคลึงระหว่างอนุกรมเวลาปัจจุบัน และอนุกรมเวลาอ้างอิง	32
ภาพประกอบ 3.18 การคัดแยกความเป็นสัดของโค	33
ภาพประกอบ 4.1 ฐานข้อมูลอนุกรมเวลาอ้างอิงโคตัวที่ 1	43
ภาพประกอบ 4.2 ฐานข้อมูลอนุกรมเวลาอ้างอิงโคตัวที่ 2	44
ภาพประกอบ 4.3 ฐานข้อมูลอนุกรมเวลาอ้างอิงโคตัวที่ 3	44
ภาพประกอบ 4.4 ฐานข้อมูลอนุกรมเวลาอ้างอิงโคตัวที่ 4	45
ภาพประกอบ 4.5 ฐานข้อมูลอนุกรมเวลาอ้างอิงโคตัวที่ 5	45
ภาพประกอบ 4.6 เมตริกซ์สะสมและเส้นทางบิตเบียนของอนุกรมเวลาอ้างอิง ของวันที่ 2 และ 9 ของโคตัวที่ 1	46
ภาพประกอบ 4.7 ค่าระยะทางสะสมทั้งหมดของฐานข้อมูลอนุกรมอ้างอิงของโคตัวที่ 1	46
ภาพประกอบ 4.8 เมตริกซ์สะสมและเส้นทางบิตเบียนของอนุกรมเวลาอ้างอิง ของวันที่ 3 และ 9 ของโคตัวที่ 2	47
ภาพประกอบ 4.9 ค่าระยะทางสะสมทั้งหมดของฐานข้อมูลอนุกรมอ้างอิงของโคตัวที่ 2	47
ภาพประกอบ 4.10 เมตริกซ์สะสมและเส้นทางบิตเบียนของอนุกรมเวลาอ้างอิง ของวันที่ 1 และ 5 ของโคตัวที่ 3	48
ภาพประกอบ 4.11 ค่าระยะทางสะสมทั้งหมดของฐานข้อมูลอนุกรมอ้างอิงของโคตัวที่ 3	48
ภาพประกอบ 4.12 เมตริกซ์สะสมและเส้นทางบิตเบียนของอนุกรมเวลาอ้างอิง ของวันที่ 2 และ 4 ของโคตัวที่ 4	49
ภาพประกอบ 4.13 ค่าระยะทางสะสมทั้งหมดของฐานข้อมูลอนุกรมอ้างอิงของโคตัวที่ 4	49
ภาพประกอบ 4.14 เมตริกซ์สะสมและเส้นทางบิตเบียนของอนุกรมเวลาอ้างอิง ของวันที่ 3 และ 8 ของโคตัวที่ 5	50
ภาพประกอบ 4.15 ค่าระยะทางสะสมทั้งหมดของฐานข้อมูลอนุกรมอ้างอิงของโคตัวที่ 5	50
ภาพประกอบ 4.16 ข้อมูลอนุกรมเวลาปัจจุบันโคตัวที่ 1	52



สารบัญภาพประกอบ (ต่อ)

	หน้า
ภาพประกอบ 4.17 เมตริกซ์สะสมและเส้นทางปิดเปิดของอนุกรมเวลาที่มีค่าสูงเกินค่าสูงสุด ในวันที่ 16 ของโคตัวที่ 1	53
ภาพประกอบ 4.18 เมตริกซ์สะสมและเส้นทางปิดเปิดของอนุกรมเวลาที่มีค่าสูงเกินค่าสูงสุด ในวันที่ 20 ของโคตัวที่ 1	54
ภาพประกอบ 4.19 ค่าระยะทางสะสม ตั้งแต่วันที่ 11 – 20 เปรียบเทียบกับ ระยะทางสะสมอ้างอิงที่เป็นแถบสีเทา ของโคตัวที่ 1	55
ภาพประกอบ 4.20 ข้อมูลอนุกรมเวลาปัจจุบันโคตัวที่ 2	56
ภาพประกอบ 4.21 เมตริกซ์สะสมและเส้นทางปิดเปิดของอนุกรมเวลาที่มีค่าสูงเกินค่าสูงสุด ในวันที่ 15	57
ภาพประกอบ 4.22 ค่าระยะทางสะสม ตั้งแต่วันที่ 11 – 20 เปรียบเทียบกับ ระยะทางสะสมอ้างอิงที่เป็นแถบสีเทา ของโคตัวที่ 2	58
ภาพประกอบ 4.23 ข้อมูลอนุกรมเวลาปัจจุบันโคตัวที่ 3	59
ภาพประกอบ 4.24 เมตริกซ์สะสมและเส้นทางปิดเปิดของอนุกรมเวลาที่มีค่าสูงเกินค่าสูงสุด ในวันที่ 17 ของโคตัวที่ 3	60
ภาพประกอบ 4.25 ค่าระยะทางสะสม ตั้งแต่วันที่ 11 – 20 เปรียบเทียบกับ ระยะทางสะสมอ้างอิงที่เป็นแถบสีเทา ของโคตัวที่ 3	61
ภาพประกอบ 4.26 ข้อมูลอนุกรมเวลาปัจจุบันโคตัวที่ 4	62
ภาพประกอบ 4.27 เมตริกซ์สะสมและเส้นทางปิดเปิดของอนุกรมเวลาที่มีค่าสูงเกินค่าสูงสุด ในวันที่ 17 ของโคตัวที่ 4	63
ภาพประกอบ 4.28 ค่าระยะทางสะสม ตั้งแต่วันที่ 11 – 20 เปรียบเทียบกับ ระยะทางสะสมอ้างอิงที่เป็นแถบสีเทา ของโคตัวที่ 4	64
ภาพประกอบ 4.29 ข้อมูลอนุกรมเวลาปัจจุบันโคตัวที่ 5	65
ภาพประกอบ 4.30 ค่าระยะทางสะสม ตั้งแต่วันที่ 11 – 20 เปรียบเทียบกับ ระยะทางสะสมอ้างอิงที่เป็นแถบสีเทา ของโคตัวที่ 5	65
ภาพประกอบ ภาคผนวก 1 พฤติกรรมต่างๆของโคขณะติดตั้งระบบสมองกลฝังตัว	74
ภาพประกอบ ภาคผนวก 2 เก็บข้อมูลพฤติกรรมต่างๆ ของโค	74



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ภูมิหลัง

การคัดแยกความเป็นสัตว์ถือว่าเป็นปัจจัยหลักที่เกษตรกรผู้เลี้ยงโคให้ความสำคัญ เพราะส่งผลต่อการสืบพันธุ์และการเพิ่มผลผลิต ช่วงที่โคเป็นสัตว์ โคจะยอมรับการผสมพันธุ์ โดยปกติโคจะมีวงรอบความเป็นสัตว์เฉลี่ย 18-24 วัน [1] ขณะที่โคเป็นสัตว์ จะมีการเปลี่ยนแปลงทางสรีระ เช่น อวัยวะเพศบวมแดง มีเมือกใสไหล และทางพฤติกรรม เช่น กระวนกระวาย ร้องบ่อย แสดงอาการสนใจโคตัวอื่น หากเป็นโคนมก็จะให้ปริมาณน้ำนมลดลง พฤติกรรมที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งคือ โคจะไล่ตัวอื่นและเมื่อเข้าระยะความเป็นสัตว์จะยัณยั้งให้โคตัวอื่นขึ้นขี่ อาการยัณยั้งให้โคตัวอื่นขึ้นขี่เป็นพฤติกรรมที่สำคัญ ที่ใช้เป็นเกณฑ์ในการพิจารณาเวลาที่เหมาะสมในการผสมเทียม เพื่อให้อัตราสมติดสูงสุด ระยะเวลาตั้งแต่โคเริ่มยัณยั้งให้ตัวอื่นขึ้น จนถึงสิ้นสุดการยัณยั้ง จะใช้เวลาประมาณ 6-18 ชั่วโมงเท่านั้น [2] แต่เนื่องจากปัญหาที่เกิดขึ้นในการตรวจความเป็นสัตว์นั้น ในบางครั้งโคในฝูงไม่เป็นสัตว์พร้อมกัน ประกอบกับมีโคเป็นจำนวนมาก ทำให้ยากต่อการสังเกตและคัดแยก ซึ่งปัญหาเหล่านี้ส่งผลกระทบต่อการผสมเทียมลดปริมาณผลผลิตในฟาร์ม ทำให้เกษตรกรขาดรายได้ และต้องรับภาระแม่โคที่ไม่ตั้งท้อง

การคัดแยกความเป็นสัตว์ของโคสามารถทำได้สองลักษณะ คือ การใช้แรงงานคนในการสังเกตพฤติกรรม [1] และการสังเกตพฤติกรรมโดยใช้สติ๊กเกอร์สีติดไว้บริเวณเหนือหางของโค เมื่อโคเป็นสัตว์ โคจะกระโดดขึ้นขี่ทำให้สติ๊กเกอร์สีที่ติดอยู่บริเวณโคนหางแตก ทำให้สังเกตได้ว่าโคตัวไหนเป็นสัตว์ [3] อย่างไรก็ตามการใช้ผู้เลี้ยงในการสังเกตพฤติกรรมความเป็นสัตว์นั้นเป็นไปได้ยาก เพราะถ้าในกรณีที่มีโคเป็นจำนวนมากผู้เลี้ยงไม่สามารถสังเกตได้อย่างทั่วถึง และการติดสติ๊กเกอร์สีบริเวณโคนหาง ในช่วงที่โคขึ้นขี่ หรือ โคเอาบริเวณโคนหางที่ติดสติ๊กเกอร์สีไปเสียดสีกับต้นไม้หรือผนังโรงเรือน ทำให้สติ๊กเกอร์หลุดลอก ดังนั้นงานวิจัย [4 – 10] ได้นำเสนอการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และใช้วิธีการทางสถิติและปัญญาประดิษฐ์ในการวิเคราะห์การคัดแยกความเป็นสัตว์ของโค เช่น การทำนายอัตราความเป็นสัตว์ของโคจากข้อมูลสรีระของโค, การขึ้นขี่โคตัวอื่น และเวลาที่เป็นสัตว์ครั้งล่าสุดโดยใช้เทคนิคฟัชชีลอจิก [4] การตรวจสอบและนับจำนวนพฤติกรรมในระหว่างช่วงเป็นสัตว์ เช่น การนอน การยืน การเดิน เพื่อเปรียบเทียบข้อมูลจากเซนเซอร์ความเร่งและการสังเกตจากผู้เลี้ยงด้วยวิธีการทางสถิติ [5] การตรวจความเป็นสัตว์โดยใช้ข้อมูลความเป็นสัตว์ที่อ้างอิงจากเวลาพฤติกรรมที่เกิดขึ้นทุกๆชั่วโมง โดยกำหนดค่ากิจกรรมในแต่ละพฤติกรรม ด้วยวิธีการทางสถิติ [6] การวิเคราะห์พฤติกรรมความเป็นสัตว์ โดยอ้างอิงจากวัฏจักรความเป็นสัตว์ของโคด้วยวิธีการทางสถิติและฟัชชีลอจิก [7] การตรวจความเป็นสัตว์จากพฤติกรรมของโคและความสมดุลของการนอน โดยนำข้อมูลจากการสังเกตของผู้เลี้ยงนำมาเปรียบเทียบ



กับข้อมูลที่ได้จากเซนเซอร์ความเร่ง ด้วยวิธีการนับจำนวนช่วงเวลาของพฤติกรรม โดยใช้หลักทางสถิติ [8] การจำแนกพฤติกรรมความเป็นสัดโดยใช้ข้อมูลจากค่าความเร่งรวม เพื่อกำหนดระดับพฤติกรรมของโคด้วยเทคนิคเคมีน ในการแบ่งกลุ่มข้อมูล และเทคนิคซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน ในการแบ่งกลุ่มพฤติกรรมต่างๆ [9] การคัดแยกความเป็นสัดโดยใช้ เทคนิค เพอร์เซ็ปตรอนหลายชั้น, เทคนิคซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน และ การเรียนรู้ต้นไม้ตัดสินใจ เพื่อหาวิธีเปรียบเทียบที่ดีที่สุด ในการวิเคราะห์พฤติกรรมของโคที่ปกติและโคที่เป็นสัดโดยใช้ค่าสัญญาณรวมความเร่งจากเซนเซอร์ [10] จากงานวิจัยที่กล่าวมา การพิจารณาจากสรีระ การกระโดดขึ้นขี่ การยืน การนอน และการเดิน ถือเป็นปัจจัยหลักในการพิจารณาความเป็นสัด ร่วมกับการอ้างอิงวงรอบการเป็นสัดของโค อย่างไรก็ตาม วิธีการที่กล่าวมานั้น ยังต้องพิจารณาจากค่าสัญญาณความเร่งรวมของเซนเซอร์ความเร่ง ซึ่งข้อมูลที่ได้จากเซนเซอร์ความเร่ง ในบางครั้งอาจมีลักษณะที่คล้ายคลึงกันทำให้ไม่สามารถคัดแยกพฤติกรรมที่เกิดขึ้น อีกทั้งวิธีการแบบปัญญาประดิษฐ์ ในวิเคราะห์ต้องใช้ข้อมูลในการเรียนรู้เป็นจำนวนมาก

ดังนั้นงานวิจัยนี้เสนอกระบวนการคัดแยกความเป็นสัด ด้วยการวัดความเหมือนของเวลาของพฤติกรรมโคในแต่ละวันโดยใช้ไดนามิกส์ไทม์วอร์ปิง กระบวนการคัดแยกแบ่งเป็นสองส่วนคือ ส่วนที่ 1 การหาค่าความเหมือนอ้างอิง โดยพฤติกรรมของโคแต่ละตัวในช่วงที่ปกติจะถูกเก็บเป็นฐานข้อมูลในรูปของอนุกรมเวลา ข้อมูลทั้งหมดถูกนำมาจับคู่เปรียบเทียบความคล้ายคลึง ผลลัพธ์ที่ได้คือกลุ่มของระยะทางสะสมอ้างอิง โดยที่ระยะทางสะสมอ้างอิงสูงสุดถูกใช้เป็นเกณฑ์ในการคัดแยกความเป็นสัดของโคแต่ละตัว และ 2) การคัดแยกอนุกรมเวลาของพฤติกรรมโคในปัจจุบันถูกนำไปเปรียบเทียบความคล้ายคลึงกับอนุกรมเวลาของฐานข้อมูลแต่ละชุด ผลลัพธ์คือกลุ่มของระยะทางสะสมที่มีความคล้ายคลึงถ้าระยะทางสะสมเหล่านี้นั้นมากกว่าค่าระยะทางสะสมอ้างอิง แสดงว่าโคมีพฤติกรรมเริ่มเป็นสัด

1.2 ความมุ่งหมายของการวิจัย

- 1.2.1 เพื่อศึกษาพฤติกรรมความเป็นสัดของโค
- 1.2.2 เพื่อสร้างเครื่องมือในการคัดแยกความเป็นสัดของโค
- 1.2.3 เพื่อวิเคราะห์และเปรียบเทียบความคล้ายคลึงของข้อมูลด้วยวิธีไดนามิกส์ไทม์วอร์ปิง

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
 - 1.1 โคที่ใช้ในการทดลองเป็นโคพันธุ์บราห์มันที่เป็นสัดจำนวน 5 ตัว
 - 1.2 อายุโคที่ใช้ในการทดลอง อยู่ช่วงอายุ 1-2 ปี



2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

2.1 ระบบสมองกลฝังตัวสำหรับสังเกตพฤติกรรมความเป็นสัตว์

2.2 โปรแกรมคัดแยกพฤติกรรมความเป็นสัตว์

3. การเก็บข้อมูล

3.1 สังเกตพฤติกรรมของโคโดยสภาพอากาศปกติ

3.2 เก็บข้อมูลช่วงเวลาของพฤติกรรมโค จำนวน 20 วัน วันละ 10 ชั่วโมง โดยแบ่ง

ออกเป็นสองช่วง

3.2.1 เก็บข้อมูลช่วงเวลาของพฤติกรรมโคที่ใช้อ้างอิง จำนวน 10 วัน

3.2.2 เก็บข้อมูลช่วงเวลาของพฤติกรรมโคที่ใช้ทดสอบ จำนวน 10 วัน

1.4 สถานที่ทำการวิจัย

สถานที่ทำการวิจัย : กลุ่มผู้เลี้ยงโคเนื้อตำบลคอรุม อำเภอฟิจัย จังหวัดอุดรธานี

1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ

ข้อมูลอนุกรมเวลาของพฤติกรรมโค หมายถึง ข้อมูลที่ได้จากการเปลี่ยนรูปของพฤติกรรมโคให้อยู่ในรูปของอนุกรมเวลา

ระยะทางสะสม หมายถึง ผลลัพธ์ ของการเปรียบเทียบความเหมือนระหว่างอนุกรมเวลาสองสัญญาณด้วยไดนามิกส์ไทม์วอร์ปิง

เส้นขีดแบ่งอ้างอิง หมายถึง ระยะทางสะสมที่ใช้สำหรับการคัดแยกความเป็นสัตว์



บทที่ 2

ปริทัศน์เอกสารข้อมูล

เพื่อให้การผสมพันธุ์เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ปัจจัยที่ควรคำนึงถึงนอกจากกรรมวิธีการเลี้ยงที่ดีแล้วที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งที่ควรพิจารณาคือ ความเป็นสัด สามารถสังเกตได้สองวิธีคือ สังเกตจากสรีระ และสังเกตจากพฤติกรรมความเป็นสัดของโค วิธีการผสมพันธุ์โค เป็นเนื้อหาที่ผู้วิจัยจะอธิบายอย่างละเอียดในบทนี้ รวมทั้งงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสังเกตพฤติกรรมและวิเคราะห์ความเป็นสัด ตลอดจนสรุปถึงข้อดีและข้อเสียของงานวิจัยที่ผ่านมา

2.1 ความเป็นสัดในโค

ความเป็นสัด (Estrus) คือช่วงเวลาที่แม่โคยอมรับการผสมพันธุ์จากพ่อโคแล้วมีการตกไข่ นอกจากอาการยอมรับการผสมพันธุ์จากเพศผู้แล้ว ยังมีการเปลี่ยนแปลงทางสรีระวิทยาอื่นๆ โคจะเริ่มเป็นสัด เมื่อถึงวัยเจริญพันธุ์ (Puberty) ในโคอายุที่ถึงวัยเจริญพันธุ์ประมาณ 7-18 เดือน ขึ้นอยู่กับการเลี้ยงดูและความสมบูรณ์ของอาหาร [11]

2.1.1 ลักษณะความเป็นสัด [12]

ลักษณะความเป็นสัดของโคเป็นช่วงที่โคมีพฤติกรรมที่แตกต่างไปจากพฤติกรรมปกติ โดยมีลักษณะดังต่อไปนี้

1) ยืนให้โคตัวอื่นขึ้นขี่หรือพยายามขึ้นขี่โคตัวอื่น เช่น พ่อโค ลูกโคหรือแม้แต่แม่โคที่อยู่ในฝูง พฤติกรรมในลักษณะนี้แสดงถึงช่วงเวลาที่เหมาะสมในการผสมพันธุ์ ดังภาพประกอบ 2.1



ภาพประกอบ 2.1 ยืนนิ่งให้โคตัวอื่นขึ้นขี่
ที่มา : (<http://www.animals-farm.com>)



2) การสังเกตเมือกที่ไหลออกจากอวัยวะเพศ โดยมีลักษณะที่แตกต่างกันออกไป ผู้เลี้ยงสามารถสังเกตได้ตั้งแต่ระยะก่อนความเป็นสัด ระยะเป็นสัด และระยะหมดสัด หากเมือกมีลักษณะใสและเหนียว มักจะเป็นระยะแรกที่แสดงอาการเป็นสัดที่แท้จริง แต่ถ้าเมือกมีลักษณะขุ่น เป็นช่วงที่หมดสัดใหม่ๆ โดยจะสังเกตพบเมือกได้ตามบั้นท้าย และโคนหาง



ภาพประกอบ 2.2 เมือกไหลออกจากอวัยวะเพศ
ที่มา : (<http://kaset2.blogspot.com/p/9.html>)

3) โคที่เป็นสัดจะมีอาการตื่นง่าย กินอาหารน้อยลง มีพฤติกรรมกรรมในการเดินมากกว่าปกติ ส่งเสียงร้องหาตัวผู้ และมักยืนใกล้ๆ คอกตัวผู้ ถ้าเป็นโคนม จะให้ปริมาณน้ำนมลดลง



ภาพประกอบ 2.3 ส่งเสียงร้องหาโคตัวผู้
ที่มา : (<http://kaset2.blogspot.com/p/9.html>)

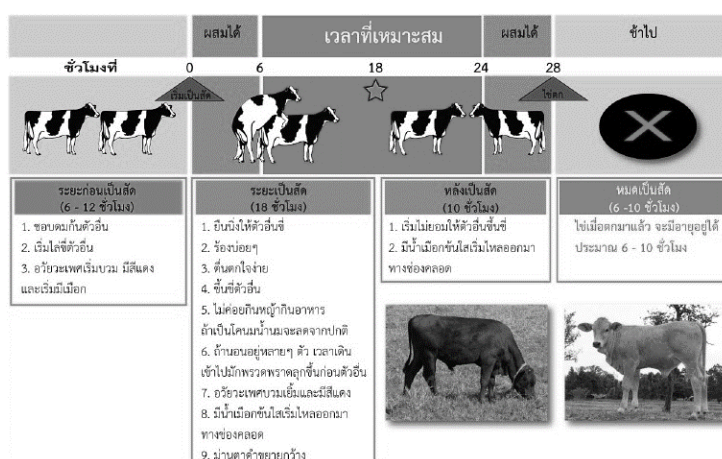
4) การสังเกต ดินโคลนที่ติดบริเวณบนหลังโค ตลอดจนร่องรอยจากการขึ้นขี่จากโคตัวอื่น ดังภาพประกอบ 2.4



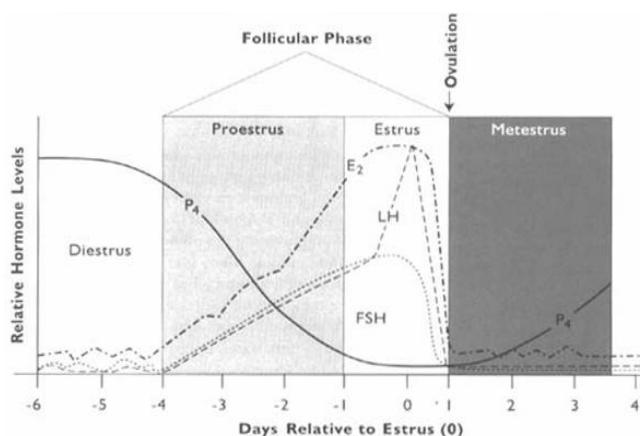
ภาพประกอบ 2.4 ดินโคลนที่ติดอยู่บริเวณหลัง
ที่มา : (<http://livestocklovely.blogspot.com/2015/05>)

2.1.2 การตรวจความเป็นสัดโค [12-13]

การตรวจความเป็นสัดของโคมีความสำคัญมากในการเลี้ยงที่จะนำไปสู่การผสมพันธุ์ ถ้าหากไม่พบพฤติกรรมความเป็นสัดของโค ทำให้โคตัวนั้นไม่มีโอกาสผสมพันธุ์และตั้งท้อง โดยปกติโคมีวงรอบความเป็นสัดเฉลี่ย 18-24 วัน ในชั่วโมงของการเป็นสัด ช่วงเวลาที่เหมาะสมแก่การผสมพันธุ์จะอยู่ที่ชั่วโมง 6 - 11 ดังภาพประกอบ 2.5



ภาพประกอบ 2.5 ช่วงเวลาที่เหมาะสมแก่การผสมพันธุ์
ที่มา: <http://www.doae.go.th/library/html/detail/cow2/ncow3.htm>



ภาพประกอบ 2.6 แสดงระดับของฮอร์โมนที่เกี่ยวข้องในวงจรความเป็นสัด
ที่มา : (<http://kaset2.blogspot.com/p/9.html>)

จากภาพประกอบ 2.6 คือวงจรความเป็นสัดแบ่งเป็น 4 ระยะ ตามลักษณะพฤติกรรม การเปลี่ยนแปลงอวัยวะสืบพันธุ์และการเปลี่ยนแปลงฮอร์โมน ที่มีความสอดคล้องกัน ซึ่งระยะทั้ง 4 คือ 1) ระยะก่อนความเป็นสัด (Pro-Oestrus) 2) ระยะเป็นสัด (Oestrus) 3) ระยะหลังความเป็นสัด (Metoestrus) 4) ระยะไม่เป็นสัดในวงจร (Dioestrus) โดยสามารถอธิบายในแต่ละระยะได้ดังนี้

1) ระยะก่อนความเป็นสัด (Pro-oestrus)

ระยะก่อนความเป็นสัดอยู่ในช่วงวันที่ 17-20 หลังความเป็นสัด เป็นระยะที่โคเข้าสู่ความเป็นสัดรอบใหม่ ระบบสืบพันธุ์มีการเปลี่ยนแปลง (Follicle) เจริญอย่างรวดเร็ว (Corpus Luteum) จากความเป็นสัดในรอบที่แล้ว มดลูกมีการเปลี่ยนแปลง มีเลือดเลืงมาก ต่อมาสร้างสารคัดหลั่งเจริญขยายตัวในส่วนคอมดลูก (Cervix) และช่องคลอด (Vagina) โดยช่องคลอดจะบวมแดงมีเมือกใสเหนียวไหลจากช่องคลอดจากอิทธิพลของฮอร์โมนเอสโตรเจน

2) ระยะเป็นสัด (Oestrus)

ระยะเป็นสัดอยู่ในช่วงวันที่ 0 ของความเป็นสัด เป็นระยะที่ ฟอลลิเคิลขนาดใหญ่ (Dominant Follicle) มีการเจริญเติบโตเต็มที่ และเกิดการตกไข่ตามมา (Ovulation) โคจะแสดงความเป็นสัดโดยเฉลี่ยประมาณ 4-24 ชั่วโมง และ โคจะแสดงการยอมรับการผสมพันธุ์ และยืนนิ่งเมื่อโคตัวอื่นขี่ (Standing Heat) ระยะความเป็นสัด โคจะแสดงอาการต่าง ๆ เช่น กระวนกระวาย ถ้าเป็นวัฏระยะให้



นมจะมีการสร้างน้ำนมลดลง การยืนนิ่งให้โคตัวอื่นขี่ พบเมือกหรือสารคัดหลั่งจากมดลูก คอมนดลูก และช่องคลอดมีมากที่สุด เยื่อเมือกของปากช่องคลอดจะแดงมีเลือดคลั่งในระยะนี้ ระดับฮอร์โมน LH (Luteinizing Hormone) จะเพิ่มขึ้นสูงมากก่อนที่จะตกไข่ ตามมาหลังจากที่แสดงอาการเป็นสัดประมาณ 30 ชั่วโมงการผสมเทียม (AI) ระยะที่เหมาะสมคือ 12-18 ชั่วโมง หลังการยืนนิ่ง (Standing Heat)

3) ระยะหลังความเป็นสัด (Metoestrus)

ระยะหลังความเป็นสัดอยู่ในช่วงวันที่ 2 - 4 ของความเป็นสัด ในระยะนี้โคจะหยุดแสดงอาการเป็นสัด รังไข่มีการสร้าง (Corpus Luteum) และเริ่มมีการแสดงฮอร์โมนโปรเจสเตอโรน ในบางครั้งอาจพบเลือดออกมาจากช่องคลอด (Metoestrus Bleeding) ได้ในระยะนี้ ปกติพบประมาณ 90% ไม่เกิน 45% ในแม่วัว โดยมีลักษณะเมือกปนเลือดพบติดตามหลังหรือบริเวณช่องคลอด ด้านนอกการพบเลือดจากช่องคลอด ไม่ได้บ่งบอกว่าการผสมพันธุ์ ที่เกิดขึ้นนั้น จะทำให้ผสมติดหรือผสมไม่ติด

4) ระยะไม่เป็นสัดในวรอบ (Dioestrus)

ระยะไม่เป็นสัดในวรอบอยู่ในช่วงวันที่ 5-17 หลังจากความเป็นสัด เป็นระยะที่มีคอร์ปัสลูเทียม (CL) เจริญเติบโตเต็มที่มดลูกพร้อมรับการตั้งท้อง มีระดับ (Progesterone) สูง คอมนดลูกปิด มีเมือกเหนียวปิดอยู่ เยื่อเมือกช่องคลอดค่อนข้างซีดในช่วงท้ายของระยะนี้ถ้าโคไม่มีการตั้งท้อง ก็จะมีการสร้างฮอร์โมน (Prostaglandin) จากมดลูก (Uterus) มาสลายคอร์ปัสลูเทียม (CL) หลังจากนั้นก็จะมีการเริ่มขบวนการเป็นสัด (Estrous Cycle) ในวรอบใหม่

2.2 วิธีการผสมพันธุ์โค [13]

การผสมพันธุ์โคมีหลายรูปแบบขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ เช่น รอบการเป็นสัด จำนวนแม่โค ลักษณะการเลี้ยง ต้นทุนของผู้เลี้ยง เป็นต้น วิธีการในปัจจุบันที่เกษตรกรนิยมใช้ในการผสมพันธุ์สามารถแบ่งออกได้ 3 วิธี คือ การผสมพันธุ์แบบปล่อยให้พ่อโคคุมฝูง การผสมพันธุ์แบบจูงผสมพันธุ์ และการผสมพันธุ์แบบผสมเทียม สามารถอธิบายวิธีการผสมพันธุ์โคได้ดังนี้



2.2.1 การปล่อยให้พ่อโคคุมฝูง

การปล่อยพ่อโคให้คุมฝูง เป็นวิธีการที่เกษตรกรส่วนใหญ่นิยมใช้ เนื่องจากผู้เลี้ยงไม่ต้องคอยสังเกตความเป็นสัดของแม่โค เพราะพ่อโคจะรู้ว่าแม่โคตัวไหนเป็นสัดและผสมพันธุ์เอง โดยให้พ่อโค 1 ตัว คุมฝูงแม่โคและให้มีการผสมพันธุ์ตามธรรมชาติ แต่ในการผสมพันธุ์ในลักษณะนี้เมื่อแม่โคเป็นสัด พ่อโคจะคอยไล่ตามจนไม่สนใจกินหญ้า และถ้ามีแม่โคเป็นสัดหลายตัวในเวลาใกล้เคียงกันจะทำให้พ่อโคมีร่างกายทรุดโทรม ดังแสดงในภาพประกอบ 2.7



ภาพประกอบ 2.7 การปล่อยให้พ่อโคคุมฝูง

ที่มา : (http://cowsproduction.blogspot.com/2011/09/blog-post_2154.html)

2.2.2 การจูงผสมพันธุ์

การจูงผสมพันธุ์ เป็นวิธีการผสมพันธุ์โดยนำแม่โคมาผูกไว้ในช่องสำหรับผสมพันธุ์ และให้พ่อโคขึ้นขี่ การผสมพันธุ์โดยวิธีนี้ควรแยกพ่อโคออกจากฝูง เพื่อให้พ่อโคมีสุขภาพสมบูรณ์พร้อมผสมพันธุ์ และวิธีนี้พ่อโคสามารถผสมพันธุ์ได้จำนวนมากกว่าวิธีปล่อยให้พ่อโคคุมฝูง โดยปกติพ่อโคสามารถผสมพันธุ์ได้สัปดาห์ละ 5 ครั้งหากมีการเลี้ยงดูที่ดีแต่การผสมพันธุ์ในลักษณะนี้ผู้เลี้ยงต้องคอยสังเกตความเป็นสัดของแม่โคเอง ดังแสดงในภาพประกอบ 2.8





ภาพประกอบ 2.8 การจุณผสมพันธุ์

ที่มา : (<http://dairydevelopmentprogram.weebly.com/>)

2.2.3 การผสมเทียม

การผสมเทียม การผสมพันธุ์ในลักษณะนี้ผู้เลี้ยงจะนำน้ำเชื้อของโคพ่อพันธุ์มาผสมกับโคแม่พันธุ์ที่เป็นสัด โดยผู้เลี้ยงที่ทำการผสมเทียมจะสอดหลอดฉีดน้ำเชื้อเข้าไปในอวัยวะเพศของแม่โคที่เป็นสัด ปกติจะสอดหลอดผ่านคอมดลูก (Cervix) เข้าไปปล่อยน้ำเชื้อในมดลูกของแม่โค วิธีผสมพันธุ์ในลักษณะนี้จะมีอัตราการติดลูกมากกว่าวิธีที่ได้กล่าวมาข้างต้นดังแสดงในภาพประกอบ 2.9



ภาพประกอบ 2.9 การผสมเทียม

ที่มา : (<http://kaset2.blogspot.com/p/10.html>)

จากวิธีการผสมพันธุ์ที่ได้กล่าวมาทั้ง 3 แบบนั้น การทำให้แม่โคติดลูกอย่างสมบูรณ์และมีประสิทธิภาพผู้เลี้ยงโคส่วนใหญ่มักใช้วิธีการผสมเทียม เพราะเป็นการฉีดน้ำเชื้อเข้าสู่รังไข่โดยตรง ต่างจากการผสมพันธุ์แบบจูงผสมและการปล่อยให้พ่อพันธุ์คุมฝูง เพราะในสองวิธีนี้โคพ่อพันธุ์ต้องมีความสมบูรณ์ และอัตราการผสมติดลูกน้อยกว่าการผสมเทียม อย่างไรก็ตามผู้เลี้ยงต้องอาศัยการสังเกตพฤติกรรมของแม่โคประกอบกับวงจรรอบความเป็นสัด โดยผู้เลี้ยงต้องเข้าใจถึงพฤติกรรมต่างๆ ที่เกิดขึ้นขณะที่โคเป็นสัด และวิธีการสังเกตพฤติกรรมรอบความเป็นสัด แต่เนื่องด้วยการเลี้ยงที่มีจำนวนมาก จึงทำให้การสังเกตพฤติกรรมรอบความเป็นสัดของโค เป็นไปได้ยากและไม่ครอบคลุมทุกตัว ปัญหาเหล่านี้สามารถแก้ไขได้โดยการนำเอาเทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการสังเกตพฤติกรรมรอบความเป็นสัดแทนผู้เลี้ยง

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในการสังเกตพฤติกรรมรอบความเป็นสัดของโค

[1] Dale A. Coleman ใช้วิธีการสังเกตโดยผู้เลี้ยง ซึ่งในช่วงระยะของความเป็นสัดผู้เลี้ยงจะต้องคอยเฝ้าสังเกตพฤติกรรมโคโดยจะดูจากการกินหญ้าที่น้อยลง การรวมฝูงและการขึ้นคร่อมตัวอื่น ซึ่งเป็นพฤติกรรมแสดงให้เห็นถึงความเป็นสัด ซึ่งข้อดีในวิธีนี้สามารถที่จะเข้าถึงโคที่เป็นสัดได้เร็ว แต่ข้อจำกัดต้องใช้ผู้เลี้ยงเป็นจำนวนมาก และผู้เลี้ยงต้องมีความรู้ความเข้าใจในพฤติกรรมต่างที่เกิดขึ้นกับโคซึ่งแสดงในภาพประกอบ 2.10



ภาพประกอบ 2.10 การสังเกตพฤติกรรมรอบความเป็นสัดโดยผู้เลี้ยง
ที่มา : (Coleman, D.A. : 1993)

[3] George Perry โดยวิธีนี้จะนำสติ๊กเกอร์สูงติดไว้บริเวณเหนือหางของโคโดยหลักการเมื่อโคเป็นสัดจะขึ้นคร่อมโคและให้โคตัวอื่นขึ้นคร่อม ซึ่งในขณะที่โคตัวอื่นขึ้นคร่อมจะทำให้ถุงสีแตกทำให้ผู้เลี้ยงสังเกตได้ว่าโคตัวไหนมีพฤติกรรมเป็นสัด ข้อดี สติ๊กเกอร์สูงสีเมื่อแตกจะแสดงให้เห็นของที่เป็นสัดอย่างชัดเจน แต่มีข้อจำกัดในกรณีที่โคตัวอื่นขึ้นคร่อมโคตัวที่เป็นสัดอาจทำให้สติ๊กเกอร์เกิดการหลุดได้



หรือโคอาจบริเวณหางไปเสียดสีกับต้นไม้หรือผนังโรงเรือนอาจทำให้สติ๊กเกอร์หลุด ดังแสดงในภาพประกอบ 2.11



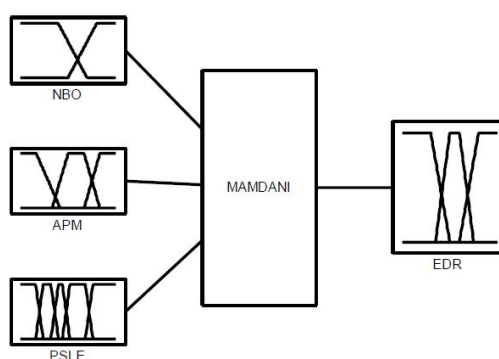
(ก)

(ข)

ภาพประกอบ 2.11 การสังเกตโดยใช้สติ๊กเกอร์อุณหภูมิ
(ก) สติ๊กเกอร์อุณหภูมิ (ข) ตำแหน่งที่ใช้ติดสติ๊กเกอร์อุณหภูมิ

ที่มา : (George Perry : 2004)

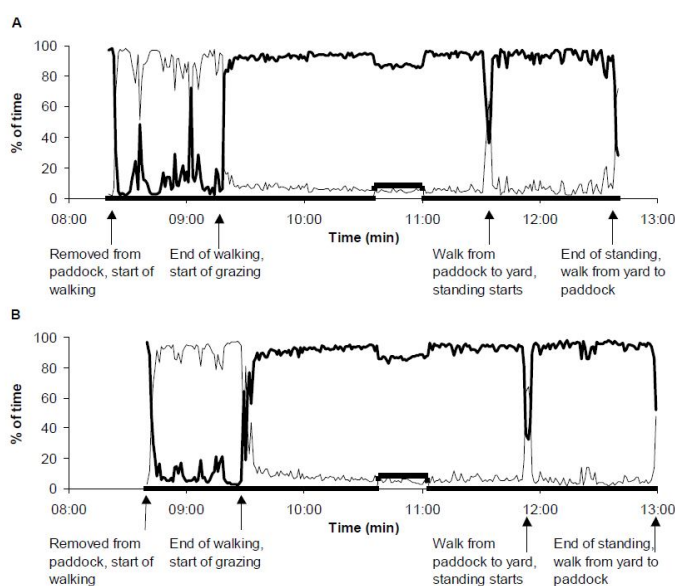
[4] Leandro Ferreira และคณะ ได้นำเสนอการพัฒนาการทำนายความเป็นสัดโดยใช้เทคนิคฟัซซี่ลอจิก ซึ่งข้อมูลที่ใช้ในการทำนาย ได้แก่ จำนวนพฤติกรรมที่ได้จากการสังเกต (NBO), การขึ้นขี่โคตัวอื่น (APM) และเวลาที่เป็นสัดครั้งล่าสุด (PSLE) จากข้อมูลทั้ง 3 กลุ่ม สามารถใช้ในการตีความการทำนายความเป็นสัดของโคดังภาพประกอบ 2.12 ซึ่งข้อดีของงานวิจัยนี้คือสามารถที่จะทำนายพฤติกรรมความเป็นสัดได้ แต่มีข้อจำกัดถ้าโคมีช่วงรอบเป็นสัดที่คลาดเคลื่อนหรือเป็นสัดเงียบ อาจทำให้การทำนายนั้นไม่มีความแม่นยำ



ภาพประกอบ 2.12 กระบวนการทำนายความเป็นสัดโดยใช้ เทคนิคฟัซซี่ลอจิก

ที่มา : (Leandro Ferreira และคณะ : 2007)

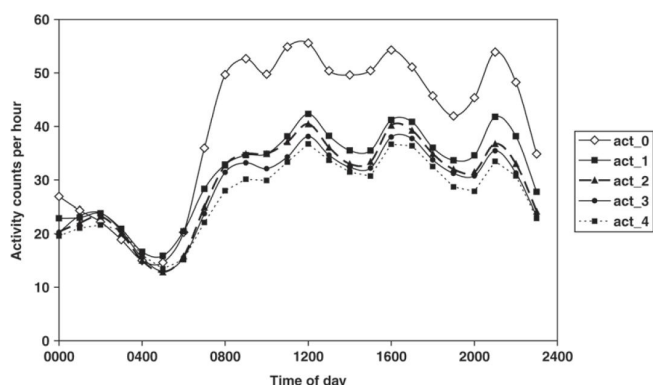
[5] J.E. McGOWAN และคณะ ได้นำเสนอวิธีการตรวจสอบและนับจำนวนพฤติกรรมในระหว่างช่วงเป็นสัดและระบุพฤติกรรมที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงเวลา เช่น การนอน การยืน การเคลื่อนที่ และการนับก้าวโดยเปรียบเทียบข้อมูลจากการสังเกตโดยผู้เลี้ยง ข้อดีของงานวิจัยนี้คือใช้ผู้เลี้ยงสังเกตพฤติกรรมต่างๆซึ่งสามารถได้ข้อมูลพฤติกรรมที่ถูกต้องและแม่นยำ แต่ข้อจำกัดในงานวิจัยนี้ต้องใช้ผู้เลี้ยงจำนวนมากในการสังเกตโค ที่มีการเลี้ยงเป็นจำนวนมากและอาจไม่สามารถดูพฤติกรรมทุกตัวได้อย่างทั่วถึง



ภาพประกอบ 2.13 ข้อมูลพฤติกรรมที่ได้จากเซนเซอร์ในแต่ละช่วงเวลา
ที่มา : (J.E. McGOWAN และคณะ : 2007)

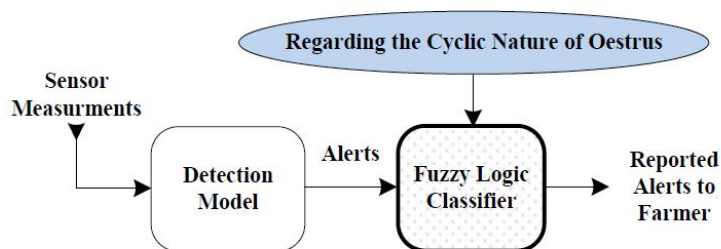
[6] P. lovendahl และคณะ ได้นำเสนอวิธีการตรวจสอบความเป็นสัดโดยใช้ข้อมูลพฤติกรรม ความเป็นสัดที่อ้างอิงจากเวลาของพฤติกรรมที่เกิดขึ้นทุกๆชั่วโมงพฤติกรรมรวมซึ่งใช้วิธีทางสถิติในการกำหนดค่ากิจกรรมที่มีค่าสูงในแต่ละช่วงพฤติกรรม ซึ่งข้อดีของงานวิจัยนี้คืออ้างอิงข้อมูลเวลาของพฤติกรรมที่เกิดเทียบกันโดยใช้หลักสถิติเข้ามาหาค่ากิจกรรมที่มีค่าสูงสุดแต่ข้อด้อยของวิธีนี้คือไม่สามารถที่จะเปรียบเทียบข้อมูลที่กิจกรรมที่มีค่าเท่ากันหรือมีค่าใกล้เคียงจึงทำให้ข้อมูลกิจกรรมที่มีค่าสูงนั้นอาจจะไม่มีความแม่นยำ





ภาพประกอบ 2.14 การนับจำนวนพฤติกรรมที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงเวลา
ที่มา : (P. lovendahl และคณะ : 2008)

[7] Hossein Abootorabi Zarchi และคณะ ได้นำวิธีการทางสถิติและฟัซซี่ลอจิก มารวมกัน ในการพิจารณาพฤติกรรมความเป็นสัดโดยอ้างอิงจากวัฏจักรความเป็นสัดของโค ข้อดีคือสามารถที่จะเพิ่มความแม่นยำของข้อมูลพฤติกรรมความเป็นสัด แต่ข้อด้อย ในงานนี้การนำเอาวัฏจักรความเป็นสัด เข้ามาพิจารณานั้นต้องอาศัยข้อมูลหลายส่วน ซึ่งถ้าโคนั้นเป็นสัดเจียบ การอ้างอิงวัฏจักรความเป็นสัดนั้น อาจเกิดความคลาดเคลื่อน

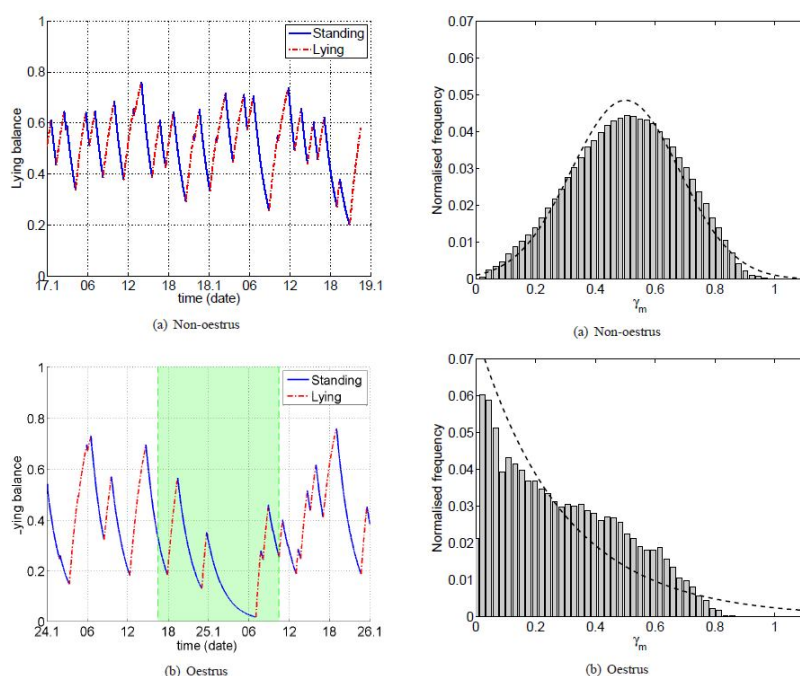


ภาพประกอบ 2.15 กระบวนการตรวจความเป็นสัดอ้างอิงจากวงจรความเป็นสัด
ที่มา : (Hossein Abootorabi Zarchi และคณะ : 2009)

[8] R. jonsson และคณะ 2011 นำเสนอวิธีการตรวจความเป็นสัดจากกิจกรรมของโคและความสมดุลของการนอนโดยการนับจำนวนช่วงเวลาของพฤติกรรม เพื่อใช้ประเมินความเป็นสัดโดยสถิติของข้อมูลการสังเกตด้วยผู้เลี้ยงเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้จากเซนเซอร์โดยพิจารณาโคแต่ละตัว ซึ่ง



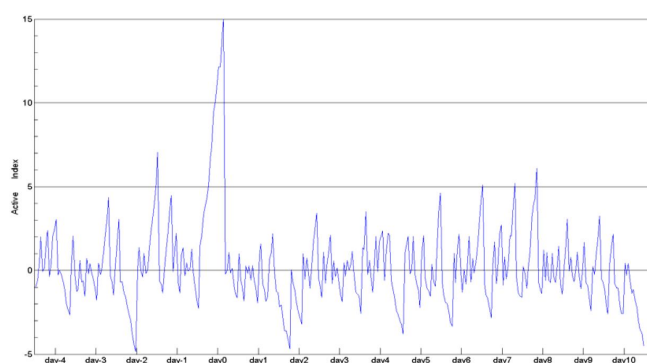
ข้อดีคือนำเอาพฤติกรรมการนอนเข้ามาเป็นข้อมูลอ้างอิง ซึ่งโคที่เป็นสัดนั้นจะมีพฤติกรรมการนอนน้อย แต่ข้อด้อยจะเหมือนกับ งานวิจัย J.E. McGowan ซึ่งยังให้ความแม่นยำน้อย



ภาพประกอบ 2.16 การเปรียบเทียบพฤติกรรมการนอนในช่วงที่ไม่เป็นสัดและช่วงที่เป็นสัด
ที่มา : (R. jonsson และคณะ : 2011)

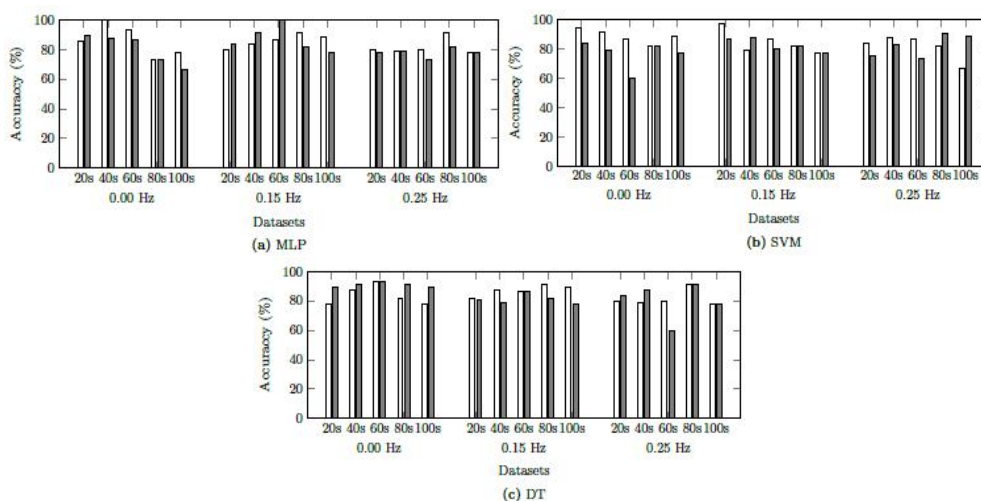
[9] Ling Yin และคณะ 2013 นำเสนอวิธีจำแนกการตรวจความเป็นสัดโดยใช้เทคนิคการแบ่งกลุ่มข้อมูลแบบเคมีน เพื่อแบ่งกลุ่มพฤติกรรมต่างๆ และใช้เทคนิคซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน ในการจำแนกพฤติกรรมการเป็นสัดโดยใช้ข้อมูลจากค่าความเร่งรวมในการกำหนดระดับกิจกรรมของโคที่เกิดขึ้น ซึ่งข้อดีของงานวิจัยนี้คือสามารถที่จำแนกพฤติกรรมต่างๆที่มีความเป็นไปได้ว่าโคนั้นจะเป็นสัด แต่ข้อด้อยของค่าข้อมูลความเร่งรวมนั้น อาจให้ความละเอียดในการพิจารณาความเป็นสัดได้ไม่มากนัก





ภาพประกอบ 2.17 ข้อมูลพฤติกรรมช่วงก่อนเป็นสัตว์และช่วงเป็นสัตว์
ที่มา : (Ling Yin และคณะ : 2013)

[10] S.R. Vanrell และคณะ 2014 ได้นำเสนอวิธีการพัฒนาและเปรียบเทียบการตรวจความเป็นสัตว์โดยใช้เทคนิคเพอร์เซ็ปตรอนหลายชั้น, เทคนิคซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน และการเรียนรู้แบบต้นไม้ตัดสินใจ ในการเปรียบเทียบพฤติกรรมของโคที่ปกติและโคที่เป็นสัตว์โดยใช้ค่าสัญญาณรวมความแรงจากเซนเซอร์ความแรงในการวิเคราะห์ ข้อดีของงานวิจัยนี้สามารถวิเคราะห์ความเป็นสัตว์ของโคได้แม่นยำ แต่ข้อด้อยคือมีรูปแบบวิธีที่มีความซับซ้อนและต้องการข้อมูลในการเรียนรู้และจดจำเป็นจำนวนมาก ถ้าข้อมูลที่เรียนรู้มีน้อย จะทำให้ความแม่นยำในการวิเคราะห์ความเป็นสัตว์น้อยด้วย



ภาพประกอบ 2.18 การเปรียบเทียบความแม่นยำในแต่ละเทคนิคที่ใช้ในการตรวจความเป็นสัตว์
ที่มา : (S.R. Vanrell และคณะ : 2014)



จากงานวิจัยดังที่ได้กล่าวมา มีการนำเอาวิธีและเทคนิคต่างๆ มาวิเคราะห์พฤติกรรมความเป็น
สัดของโค เช่น เทคนิคฟิชชีลอจิก ซึ่งมีข้อด้อยคือไม่มีกระบวนการเรียนรู้ในการปรับแต่งโครงสร้างซึ่งกฎ
และตัวแปรต่าง ๆ ในตัวระบบเอง โครงสร้างของระบบจะถูกกำหนดขึ้นในแต่ละครั้งที่มีการวิเคราะห์
และเทคนิคเพอร์เซ็ปตรอนหลายชั้น, เทคนิคซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน และการเรียนรู้แบบต้นไม้
ตัดสินใจ ต้องใช้ข้อมูลในการเรียนรู้เป็นจำนวนมาก ซึ่งถ้าข้อมูลในการเรียนรู้น้อย จะทำให้การวิเคราะห์
มีความน่าเชื่อถือน้อย จากข้อด้อยของงานวิจัยที่กล่าวมานั้น งานวิจัยนี้เสนอการคัดแยกความเป็นสัด
โดยการรวบรวมคาบเวลาของพฤติกรรมของโคคือ เดินแทะเล็มหญ้า ยืน และนอน ในขณะที่โคปกติ
เพื่อใช้สำหรับเปรียบเทียบกับอนุกรมเวลาของโคในปัจจุบัน ด้วยการใช้ไดนามิกส์โทมวอร์ปปีง ผลจาก
การเปรียบเทียบคือคะแนนระยะทาง (Accumulated distance) ซึ่งจะถูกใช้เป็นข้อมูลสำหรับคัดแยก
ความเป็นสัด



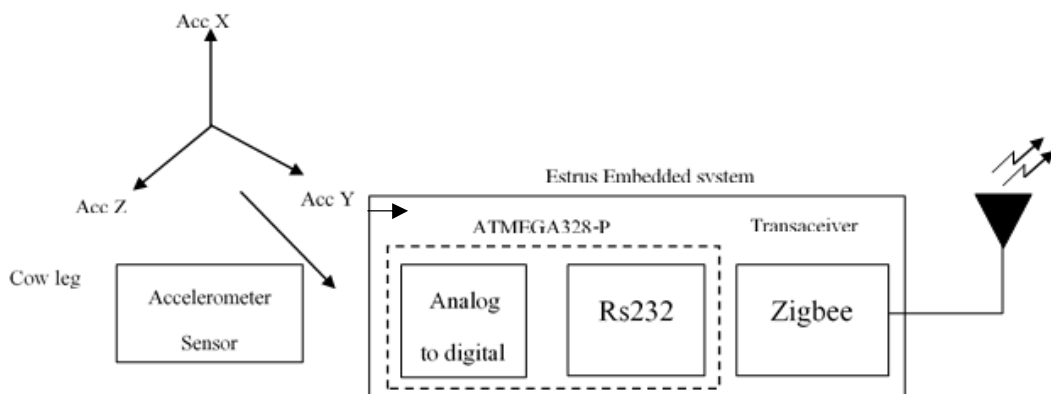
บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

เนื้อหาในบทนี้ผู้วิจัยจะอธิบายรายละเอียดของระบบตรวจสอบพฤติกรรมความเป็นสัตว์โค ซึ่งแบ่งออกเป็น 4 ส่วนคือ ระบบสมองกลฝังตัว, กระบวนการคัดแยกข้อมูลพฤติกรรมโค, ไดนามิกส์ใหม่ วอร์ปิง และ การคัดแยกพฤติกรรมความเป็นสัตว์โคโดยไดนามิกส์ใหม่วอร์ปิง

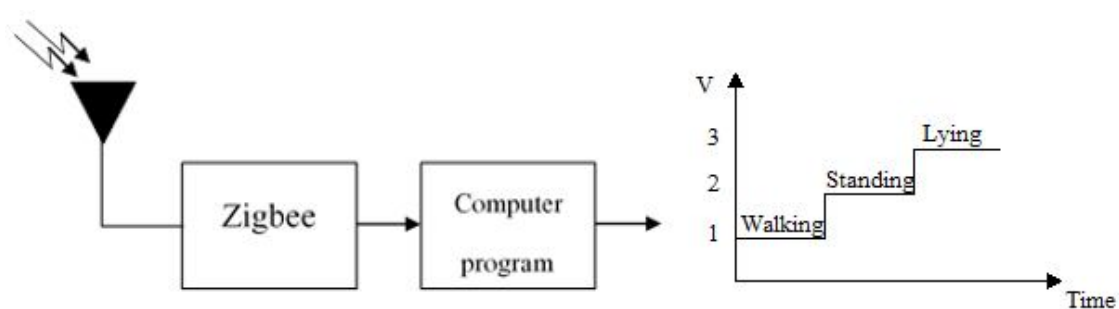
3.1 ระบบสมองกลฝังตัว

ระบบสมองกลฝังตัวทำหน้าที่ตรวจวัดพฤติกรรมโค โดยประกอบด้วยสองส่วนคือ ภาควัดและ ภาควัดประกอบด้วย เซนเซอร์ความเร่ง ไมโครคอนโทรลเลอร์ และเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สาย โดยที่เซนเซอร์ความเร่งทำหน้าที่ตรวจวัดการเคลื่อนไหวของโค โดยที่เอาต์พุตที่ได้เป็นแรงดันไฟฟ้าของ ทั้งสามแกนคือ แรงดันแกน X, Y และ Z ระดับแรงดันในแต่ละแกนสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงตามการ เคลื่อนไหวของโค แรงดันเหล่านี้ถูกส่งไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อแปลงจากสัญญาณอนาล็อกเป็น สัญญาณดิจิทัล แล้วทำการส่งข้อมูลไปยังอุปกรณ์ภาควัด โดยผ่านเครือข่ายเซนเซอร์ไร้สายตัวส่ง ดัง แสดงในภาพประกอบ 3.1 ในขณะที่ภาพประกอบ 3.2 แสดงภาควัด ประกอบด้วยเครือข่ายเซนเซอร์ไร้ สายตัวรับเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ ข้อมูลที่ได้จะถูกนำเข้าสู่กระบวนการคัดแยกพฤติกรรม



ภาพประกอบ 3.1 บล็อกไดอะแกรมภาควัด





ภาพประกอบ 3.2 บล็อกไดอะแกรมภาครับ

3.1.1 การติดตั้งภาคส่งสำหรับตรวจวัดพฤติกรรมโค

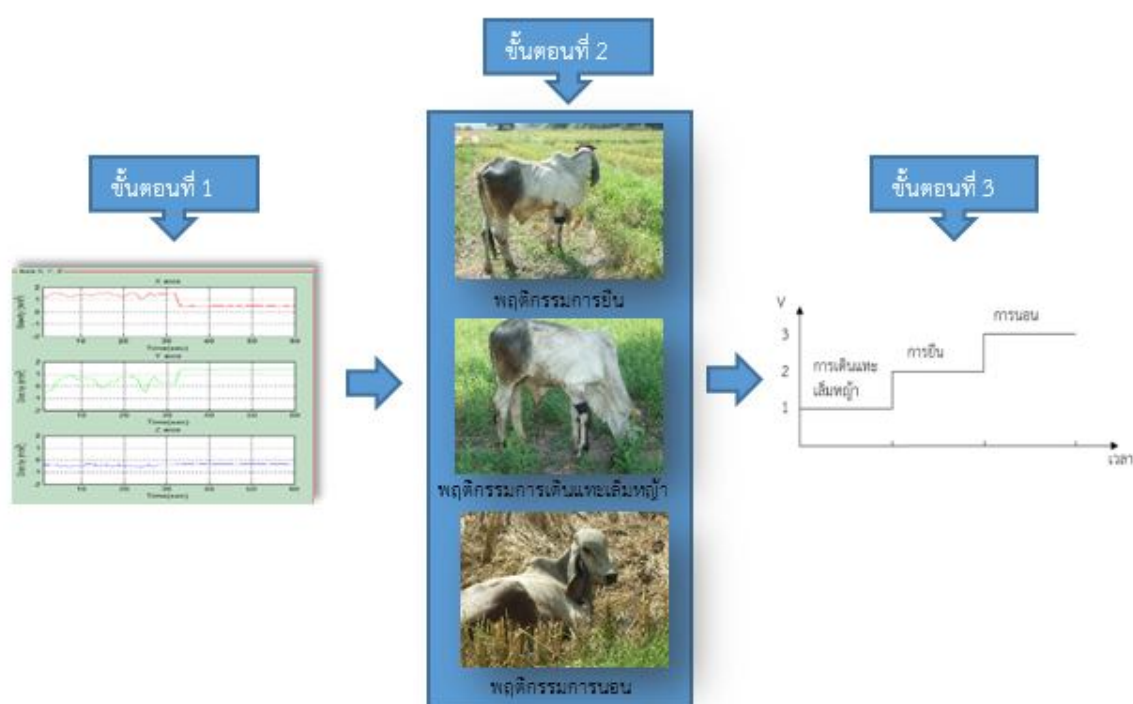
ระบบสมองกลฝังตัวถูกติดตั้งไว้ที่ขาหน้าของโค โดยที่แกน X ทำมุมตั้งฉากกับตัวโค แกน Y ทำมุมขนานกับตัวโค และแกน Z ทำมุมพุ่งออกจากตัวโค ดังภาพประกอบ 3.3



ภาพประกอบ 3.3 ตำแหน่งและทิศทางของระบบสมองกลฝังตัว

3.2 กระบวนการคัดแยกข้อมูลพฤติกรรมโค

ภาพประกอบ 3.4 แสดงกระบวนการคัดแยกพฤติกรรมโค สัญญาณความเร่งสามแกนที่สัมพันธ์กับพฤติกรรมโค ถูกนำมาคัดแยกออกเป็นสามกลุ่มคือ เดินแทะเล็มหญ้า ยืนและนอน พฤติกรรมเหล่านี้จะถูกแปลงให้อยู่ในรูปของอนุกรมเวลา สำหรับเตรียมไปใช้ในกระบวนการคัดแยกความเป็นสัตว์

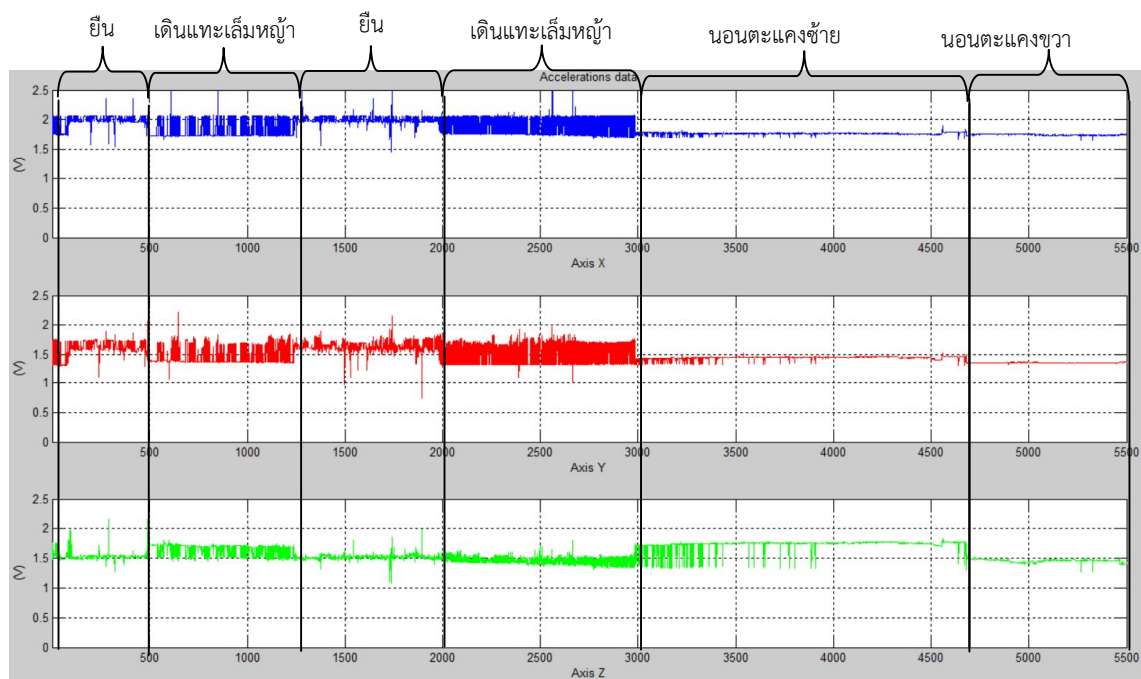


ภาพประกอบ 3.4 บล็อกไดอะแกรมกระบวนการคัดแยกข้อมูลพฤติกรรมโค

3.2.1 คำอ้างอิงสำหรับการคัดแยกพฤติกรรม

เริ่มต้นจากการพิจารณาสัญญาณเอาต์พุตของเซนเซอร์ที่สัมพันธ์กับพฤติกรรมในแต่ละรูปแบบ เพื่อใช้เป็นแนวทางสำหรับการเลือกวิธีที่จะใช้สำหรับการคัดแยกพฤติกรรม พิจารณาภาพประกอบ 3.5 แสดงสัญญาณของเซนเซอร์ กรณีที่ติดตั้งอุปกรณ์ที่ขาขวาด้านหน้าของโค โดยที่แกนตั้งเป็นระดับแรงดันไฟฟ้า แกนนอนเป็นจำนวนข้อมูลที่ได้จากเซนเซอร์ตามลักษณะแต่ละพฤติกรรม เช่น พฤติกรรมกรูยเดินแทะเล็มหญ้า พฤติกรรมกรูยยืนนิ่ง และพฤติกรรมกรูยนอนตะแคงซ้ายและนอนตะแคงขวา





ภาพประกอบ 3.5 ลักษณะสัญญาณข้อมูลของแต่ละพฤติกรรม

จากสัญญาณเอาต์พุตของเซนเซอร์ความเร่งที่สัมพันธ์กับแต่ละพฤติกรรมดังแสดงในภาพประกอบ 3.5 จะเห็นว่าเราสามารถคัดแยกแต่ละพฤติกรรมได้ โดยใช้ระดับแรงดันของแต่ละพฤติกรรมได้ดังนี้

พฤติกรรมการเดินแตะเก้าอี้กำหนดค่าข้อมูลอยู่ในช่วง

$$\text{แกน } X \geq 1.95$$

$$\text{แกน } Y \ 1.38 \approx 0.17$$

$$\text{แกน } Z \leq 1.60$$

พฤติกรรมการยืนกำหนดค่าข้อมูลอยู่ในช่วง

$$\text{แกน } X \leq 1.90$$

$$\text{แกน } Y \geq 1.60$$

$$\text{แกน } Z \leq 1.60$$



พฤติกรรมการณ์นอนแบบตะแคงซ้ายค่าข้อมูลอยู่ในช่วง

แกน $X \leq 1.78$

แกน $Y \geq 1.48$

แกน $Z \geq 1.69$

พฤติกรรมการณ์นอนแบบตะแคงขวาค่าข้อมูลอยู่ในช่วง

แกน $X \leq 1.78$

- แกน $Y \leq 1.35$

แกน $Z \leq 1.50$

3.2.2 การคัดแยกข้อมูลแต่ละกลุ่มพฤติกรรม [14]

การคัดแยกพฤติกรรมความเป็นสัด เริ่มต้นจากรับข้อมูลแรงดันของพฤติกรรมโค X, Y และ Z เข้ามาทุกๆ 1 วินาที โดยจะทำการคัดแยกทุกๆ 60 วินาที หรือ 60 ชุดข้อมูล ซึ่งใน 60 ชุดข้อมูลจะเท่ากับ 1 ช่วงเวลาพฤติกรรม หลังจากนั้นจะหาค่าเฉลี่ยของแต่ละแกน และค่าความแปรปรวนของแกน Y

1) ค่าอ้างอิงสำหรับแบ่งกลุ่มอนุกรมเวลาเดินและยืน การนอนและการยืน ค่าเฉลี่ยของแต่ละแกนของกลุ่มพฤติกรรมเดินและยืน

$$\mu_{rj(walking)} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_i \quad (3.1)$$

ค่าเฉลี่ยของแต่ละแกนของกลุ่มพฤติกรรมยืน

$$\mu_{rj(standing)} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_i \quad (3.2)$$

ค่าเฉลี่ยของแต่ละแกนของกลุ่มพฤติกรรมการณ์นอน

$$\mu_{rj(lying)} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_i \quad (3.3)$$



ค่าอ้างอิงสำหรับแบ่งกลุ่มพฤติกรรมเดินแทะเล็มหญ้า การนอนและการยืน

$$\bar{X}_{rj} = \frac{\mu_{rj(walking)} + \mu_{rj(standing)} + \mu_{rj(lying)}}{3} \quad (3.4)$$

เมื่อ	X_i	คือ ค่าของข้อมูลลำดับที่
	$\mu_{rj(walking)}$	คือ ค่าเฉลี่ยของแต่ละแกนของกลุ่มพฤติกรรมเดินแทะเล็มหญ้า
	$\mu_{rj(standing)}$	คือ ค่าเฉลี่ยของแต่ละแกนของกลุ่มพฤติกรรมยืนนิ่ง
	$\mu_{rj(lying)}$	คือ ค่าเฉลี่ยของแต่ละแกนของกลุ่มพฤติกรรมนอน
	$\bar{X}_{rj}$	คือ ค่าอ้างอิงสำหรับแบ่งกลุ่มพฤติกรรมเดินแทะเล็มหญ้า กลุ่มพฤติกรรมนอนและพฤติกรรมยืนนิ่ง
	N	คือ จำนวนข้อมูล

โดยที่ j แสดงแกน X, Y และ Z

จากสมการที่ (3.1) - (3.4) จะได้ค่ากลางของค่าเฉลี่ยในแต่ละแกนสำหรับ
คัดแยกพฤติกรรมเดินแทะเล็มหญากลุ่มพฤติกรรมนอนและพฤติกรรมยืนนิ่งดังนี้

$\bar{X}_{rX}$	คือ ค่าอ้างอิงสำหรับแบ่งกลุ่มพฤติกรรมเดินแทะเล็มหญ้า กลุ่มพฤติกรรมนอนและพฤติกรรมยืนนิ่งแกน X
$\bar{X}_{rY}$	คือ ค่าอ้างอิงสำหรับแบ่งกลุ่มพฤติกรรมเดินแทะเล็มหญ้า กลุ่มพฤติกรรมนอนและพฤติกรรมยืนนิ่งแกน Y
$\bar{X}_{rZ}$	คือ ค่าอ้างอิงสำหรับแบ่งกลุ่มพฤติกรรมเดินแทะเล็มหญ้า กลุ่มพฤติกรรมนอนและพฤติกรรมยืนนิ่งแกน Z

2) ค่าความแปรปรวนอ้างอิง เพื่อใช้สำหรับคัดแยกพฤติกรรมเดินแทะเล็มหญ้า
ได้ดังนี้

ค่าความแปรปรวนของแกน Y ของพฤติกรรมเดินแทะเล็มหญ้า $\sigma_{rY(walking)}^2$

$$\sigma_{rY(walking)}^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \mu_{rj(walking)})^2}{N} \quad (3.5)$$

ค่าอ้างอิงที่ได้จากสมการที่ (3.2) และ (3.5) จะถูกบันทึก เพื่อใช้เปรียบเทียบกับ
กับค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนของข้อมูลปัจจุบัน ซึ่งหาได้ดังนี้



ค่าเฉลี่ยของแต่ละแกนของข้อมูลปัจจุบัน

$$\mu_j = \frac{1}{60} \sum_{i=1}^{60} X_i \quad (3.6)$$

โดยที่ μ_j คือค่าเฉลี่ยของแต่ละแกนของข้อมูลปัจจุบัน และ j แสดงแกน X, Y และ Z

ค่าความแปรปรวนของข้อมูลแกน Y

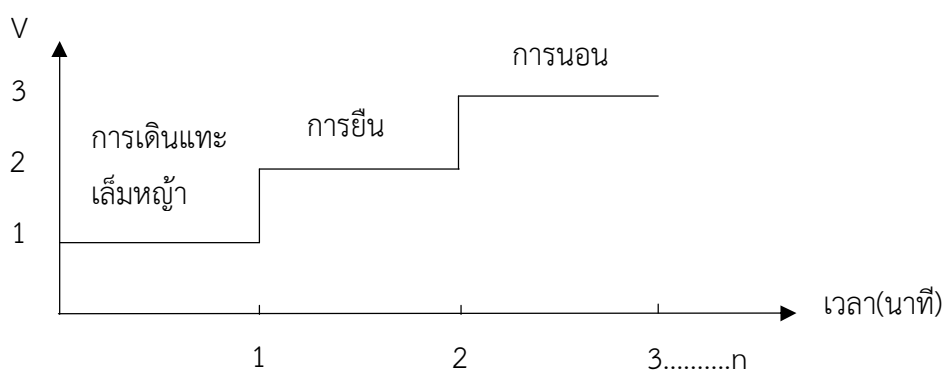
$$\sigma_Y^2 = \frac{\frac{1}{60} \sum_{i=1}^{60} (X_i - \mu_Y)^2}{60} \quad (3.7)$$

ผลลัพธ์จากสมการที่ (3.7) จะถูกนำไปใช้เป็นข้อมูลเปรียบเทียบกับผลลัพธ์จากสมการที่ (3.5) เพื่อแบ่งกลุ่มพฤติกรรมเดินแทะเล็มหญ้า

3.2.3 การปรับข้อมูลพฤติกรรมให้อยู่ในรูปของอนุกรมเวลา

ข้อมูลพฤติกรรมโคในแต่ละนาที่ถูกรับให้อยู่ในรูปของข้อมูลอนุกรมเวลาด้วยการแทนแต่ละพฤติกรรมเป็นระดับแรงดันดังนี้

พฤติกรรมการเดินแทะเล็มหญ้า	มีค่าเป็น 1 V	(3.8)
พฤติกรรมการยืนนิ่ง	มีค่าเป็น 2 V	
พฤติกรรมการนอน	มีค่าเป็น 3 V	



ภาพประกอบ 3.6 รูปแบบพฤติกรรมของโคในรูปของข้อมูลอนุกรมเวลา



3.3 ไดนามิกส์ไทม์วอร์ปิง [15 – 21]

ไดนามิกส์ไทม์วอร์ปิง เป็นขั้นตอนวิธีสำหรับการเปรียบเทียบความเหมือนของอนุกรมเวลาที่มีความแตกต่างกันในด้านเวลาหรือความเร็ว เช่น รูปแบบการเดินของคนๆหนึ่งจะถูกนับว่ามีความคล้ายไม่ว่าคนๆนั้นจะเดินอย่างรวดเร็ว เดินอย่างเชื่องช้า หรือแม้แต่เดินด้วยความเร่ง เมื่อพิจารณาจากผู้สังเกตเดียวกัน ไดนามิกส์ไทม์วอร์ปิงสามารถนำไปประยุกต์ได้กับข้อมูลของวิดีโอ เสียง และภาพ รวมไปถึงข้อมูลต่างๆที่สามารถแปลงให้อยู่ในรูปของข้อมูลเชิงเส้นได้ ตัวอย่างหนึ่งของการประยุกต์ขั้นตอนวิธีนี้ไปใช้คือ การรู้จำคำพูด โดยใช้ไดนามิกส์ไทม์วอร์ปิง เพื่อจัดการกับคำพูดที่มีความเร็วไม่เท่ากัน แม้จะสื่อความหมายเดียวกัน

3.3.1 หลักการของไดนามิกส์ไทม์วอร์ปิง

สมมติต้องการเปรียบเทียบความเหมือนของอนุกรมเวลา X กับข้อมูลอนุกรมเวลา Y โดยที่ข้อมูลมีความยาวเท่ากับ N และ M ตามลำดับ

$$\begin{aligned} X &= x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_N \\ Y &= y_1, y_2, \dots, y_j, \dots, y_M \end{aligned}$$

โดยที่

X คืออนุกรมเวลาอ้างอิง $x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_N$

Y คืออนุกรมเวลาที่ต้องการเปรียบเทียบ $y_1, y_2, \dots, y_j, \dots, y_M$

นำข้อมูลอนุกรมเวลาทั้งสองสร้างเมตริกซ์ โดยเริ่มที่เมตริกซ์ X โดยเมตริกซ์ X จะจำนวนแถวเท่ากับ N และทำการคัดลอกข้อมูลทั้งคอลัมน์จากซ้ายไปขวา ให้มีขนาดเท่ากับ $N \times N$ สำหรับเมตริกซ์ Y ให้คัดลอกทั้งแถวจากบนลงล่างให้เท่ากับมิติของ X ดังภาพประกอบ 3.7

$$X = \begin{bmatrix} x_1 & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & x_1 \\ x_2 & & & & & x_2 \\ x_3 & & & & & x_3 \\ \vdots & & & & & \vdots \\ x_N & & & & & x_N \end{bmatrix} \quad Y = \begin{bmatrix} y_1 & y_2 & y_3 & \cdots & y_M \\ \vdots & & & & \\ \vdots & & & & \\ \vdots & & & & \\ y_1 & y_2 & y_3 & \cdots & y_M \end{bmatrix}$$

ภาพประกอบ 3.7 มิติของเมตริกซ์ X และเมตริกซ์ Y



เมื่อได้เมตริกซ์ X และ Y จากนั้นทำการหาค่าผลต่างสมบูรณ์ของเมตริกซ์ทั้งสองตามสมการที่ 3.9 ผลลัพธ์ที่ได้ คือ เมตริกซ์ d ดังภาพประกอบ 3.8

$$d(i, j) = \sqrt{(x_i - y_j)^2} \quad (3.9)$$

$$d = \begin{bmatrix} d_{11} & d_{12} & d_{13} & \cdots & d_{1m} \\ d_{21} & d_{22} & d_{23} & \cdots & d_{2m} \\ d_{31} & d_{32} & d_{33} & \cdots & d_{3m} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ d_{N1} & d_{N2} & d_{N3} & \cdots & d_{NM} \end{bmatrix}$$

ภาพประกอบ 3.8 เมตริกซ์ d เกิดจากผลต่างสมบูรณ์ของเมตริกซ์ X และ Y

หลังจากนั้นทำการสร้างเมตริกซ์ต้นทุน (Cost matrix) โดยแต่ละองค์ประกอบ (Element) ของเมตริกซ์ต้นทุนสะสม D หาได้โดยใช้สมการที่ (3.10)

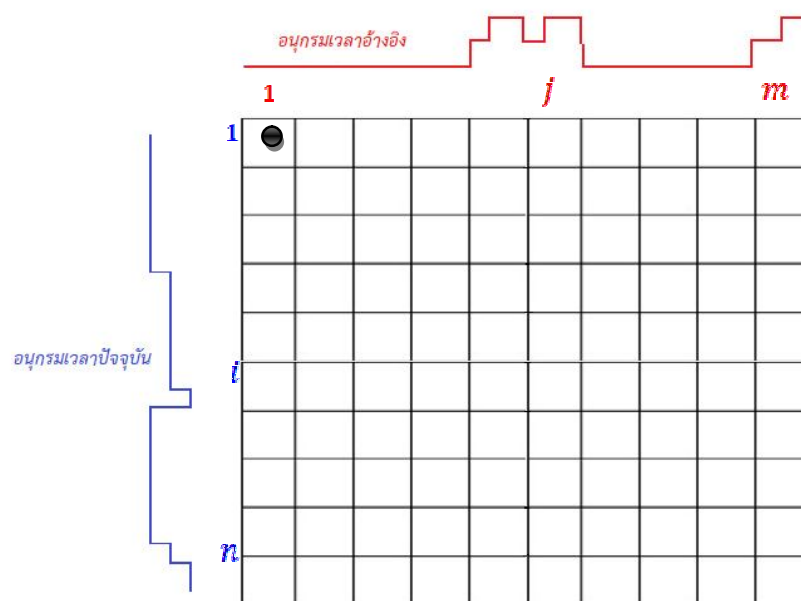
$$D(i, j) = d(i, j) + \min \begin{cases} d(x_{i-1}, y_{j-1}) \\ d(x_i, y_{j-1}) \\ d(x_{i-1}, y_j) \end{cases} \quad (3.10)$$

โดยที่เมตริกซ์ D คือเมตริกซ์ที่เก็บต้นทุนสะสมที่น้อยที่สุด ซึ่งการคำนวณ ใช้หลักการค้นหาค่าความเหมือนของเซลล์ที่น้อยที่สุดจากแนวตั้ง แนวนอน และแนวทแยง โดยทำการคำนวณเริ่มต้นที่ (1,1) ถึง (N, M)

3.3.2 ขั้นตอนการสร้างเมตริกซ์ต้นทุนสะสม D

ขั้นตอนที่ 1 สร้างเมตริกซ์ D โดยมีมิติเท่ากับเมตริกซ์ d เริ่มต้นกำหนดให้

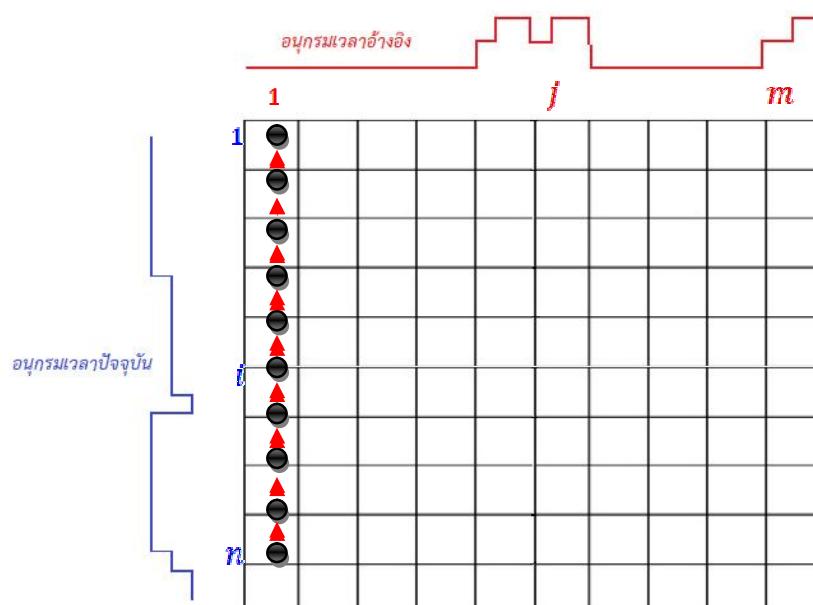
$$D(1,1) = d(1,1)$$

ภาพประกอบ 3.9 เมตริกซ์ D ในการเทียบความคล้ายคลึงของข้อมูลจริง

ขั้นตอนที่ 2 คำนวณคอลัมน์ที่หนึ่งได้ดังนี้

$$D(i, 1) = D(i - 1, 1) + d(i, 1)$$

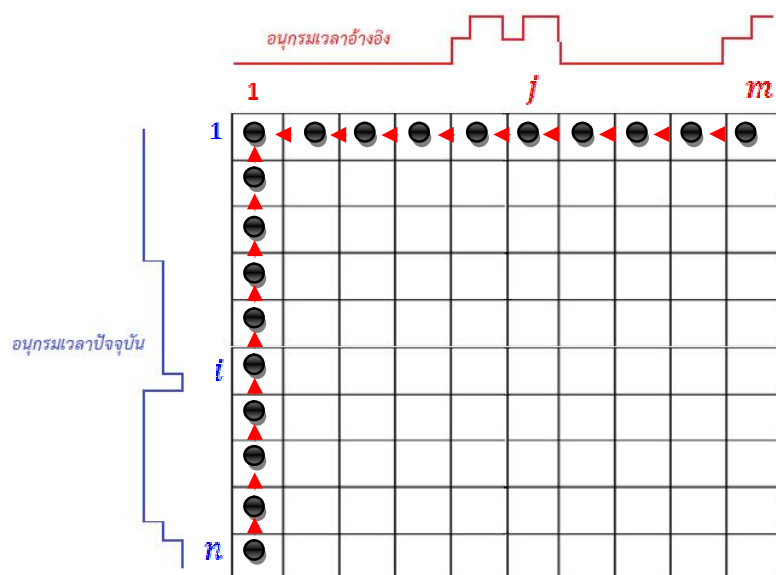


ภาพประกอบ 3.10 คอลัมน์ที่หนึ่งของเมตริกซ์ต้นทุนสะสม



ขั้นตอนที่ 3 คำนวณแถวหนึ่ง ได้ดังนี้

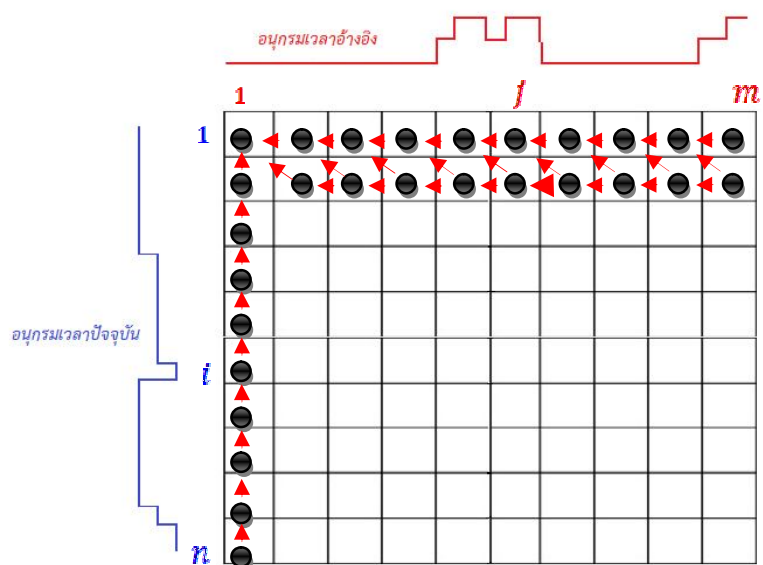
$$D(1,j) = d(1,j) + D(1,j-1)$$



ภาพประกอบ 3.11 แถวที่หนึ่งของเมตริกซ์ต้นทุนสะสม

ขั้นตอนที่ 4 คำนวณแถวที่สองได้ดังนี้

$$D(i,2) = \min(D(i,1), D(i-1,1), D(i-1,2)) + d(i,2)$$

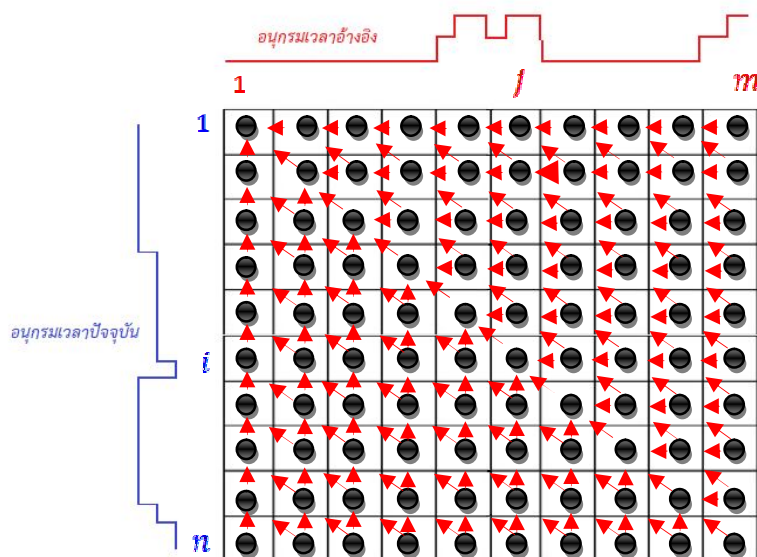


ภาพประกอบ 3.12 แถวที่สองของเมตริกซ์ต้นทุนสะสม



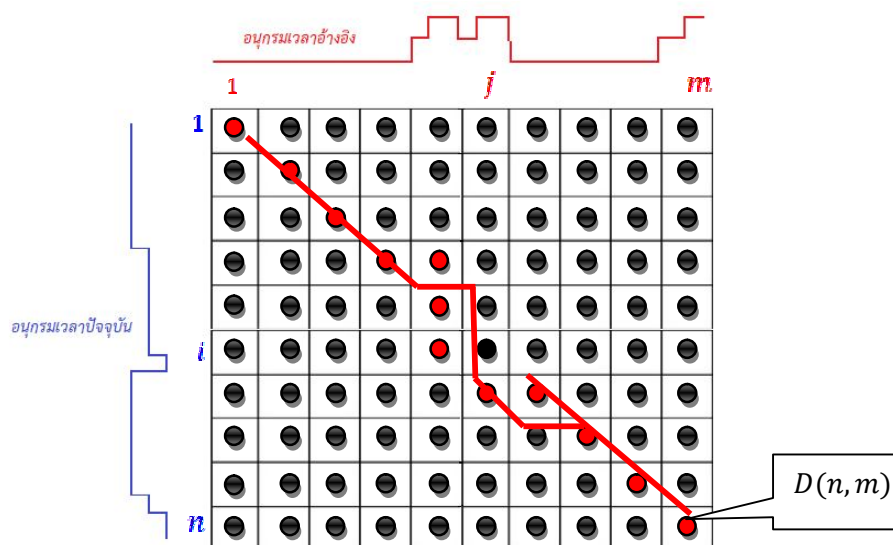
ขั้นตอนที่ 5 คำนวณข้อมูลส่วนที่เหลือ โดยดำเนินการต่อจากขั้นตอนที่ 4

$$D(i, j) = \min(D(i-1, j), \min(D(i-1, j-1), D(i, j-1)) + d(i, j)$$



ภาพประกอบ 3.13 องค์ประกอบสมบูรณ์ของเมตริกซ์ต้นทุนสะสม

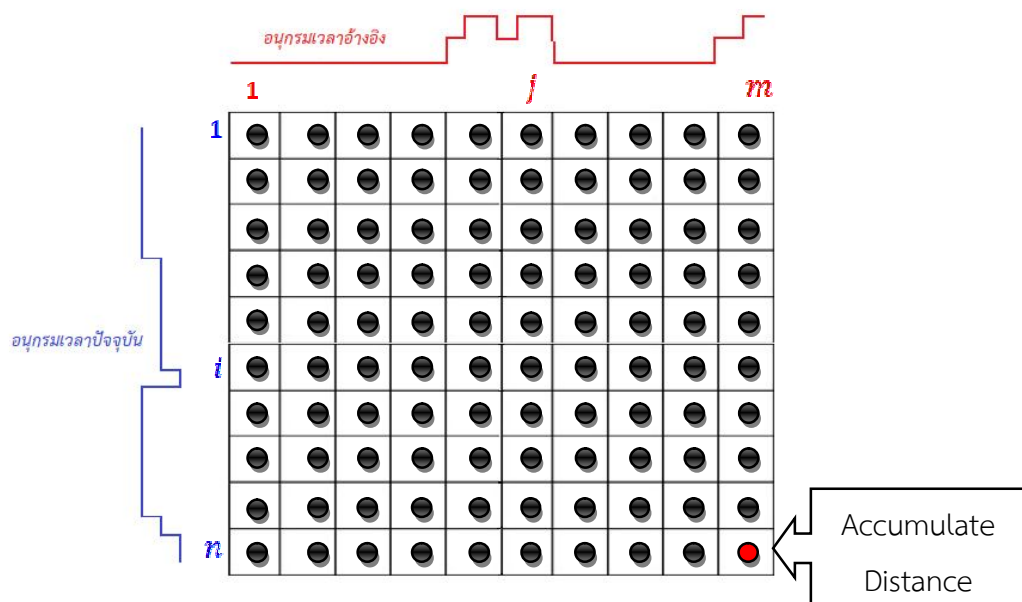
ขั้นตอนที่ 6 คือการหาเส้นทางบิดเบือน (Warp path) เป็นเส้นทางที่สั้นที่สุดของเมตริกซ์ต้นทุนสะสม เริ่มจาก $D(N, M)$ ถึง $(1, 1)$ โดยใช้หลักการค้นหาค่าความเหมือนของข้อมูลในองค์ประกอบของเมตริกซ์จากแนวตั้ง แนวทแยง และแนวทแยง โดยเลือกเส้นทางที่น้อยที่สุด ภาพประกอบ 3.14 แสดงเมตริกซ์ต้นทุนสะสม D และเส้นทางบิดเบือน



ภาพประกอบ 3.14 เส้นทางบิดเบือนของเมตริกซ์ต้นทุนสะสม



ขั้นตอนที่ 7 คำนวณความเหมือนของข้อมูลเกิดจากการเปรียบเทียบระหว่างคอลัมน์สุดท้ายและแถวสุดท้าย $D(N, M)$ โดยค่าที่ได้คือระยะทางสะสม (Accumulate Distance) ดังแสดงในภาพประกอบ 3.15

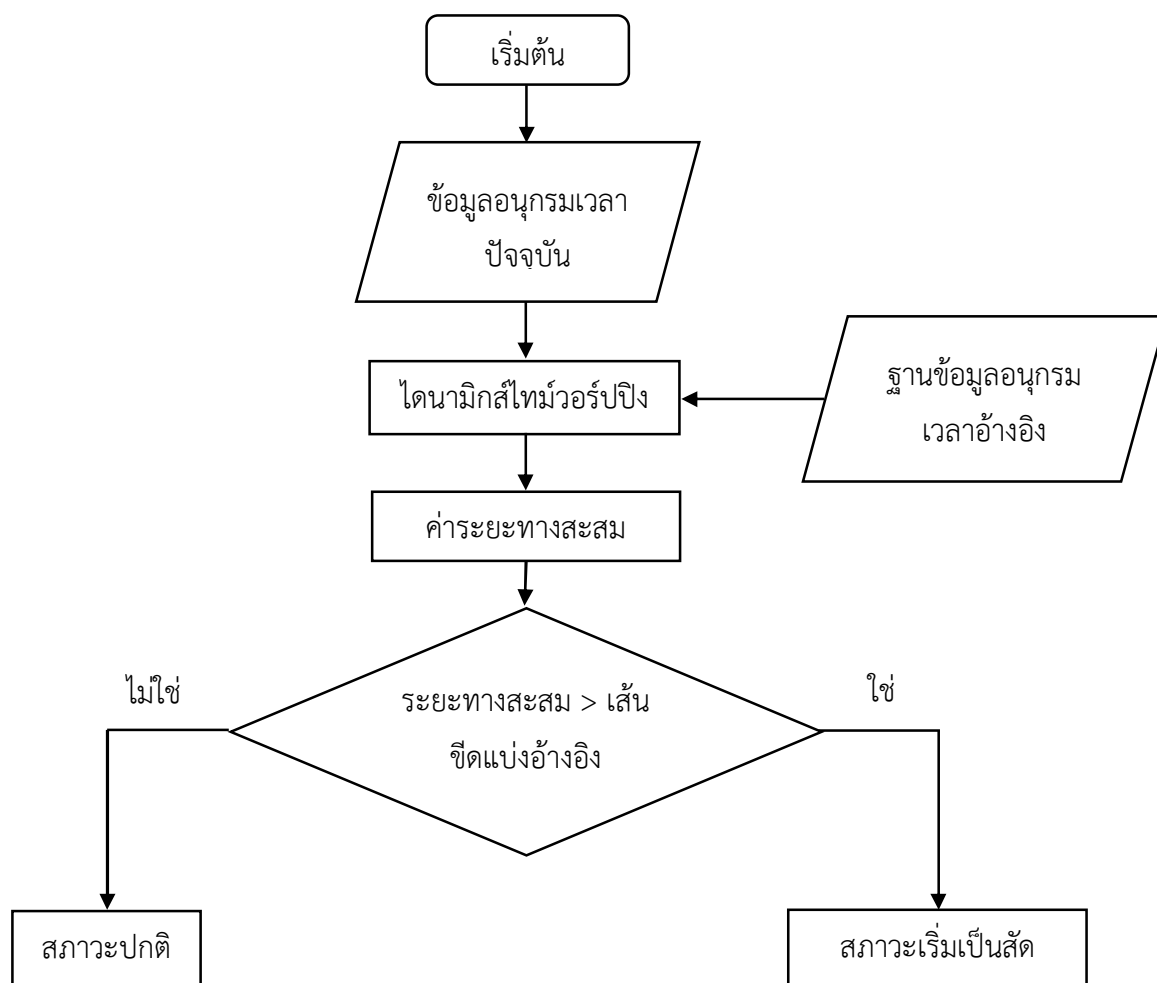


ภาพประกอบ 3.15 คำนวณความคล้ายคลึงของข้อมูล

3.4 การคัดแยกความเป็นสัดของโคโคไดนามิกส์ใหม่เวอร์บปีง

จากภาพประกอบ 3.16 ระบบคัดแยกพฤติกรรมความเป็นสัดโดยวิธีไดนามิกส์ใหม่เวอร์บปีง เป็นวิธีการเปรียบเทียบความคล้ายคลึงกันระหว่างข้อมูลอนุกรมเวลาอ้างอิงกับข้อมูลอนุกรมเวลาที่ต้องการทดสอบหรือปัจจุบัน ผลลัพธ์ที่ได้จากการเปรียบเทียบจะออกมาเป็นค่าระยะทางสะสม ถ้ามากกว่าค่าอ้างอิง หมายถึงโคมีสภาวะเป็นสัด โดยปกติโคที่ไม่เป็นสัดจะมีเวลาของแต่ละพฤติกรรม การดำรงชีวิตในแต่ละวันที่คล้ายกัน คือ เดินแทะเล็มหญ้า ยืนเคี้ยวเอื้อง และ นอน แต่เมื่อโคเริ่มมีอาการเป็นสัด พฤติกรรมการดำรงชีวิตจะเริ่มเปลี่ยนไป โดยใช้เวลากการยืนมากขึ้น นอนน้อยลง ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงใช้วิธีไดนามิกส์ใหม่เวอร์บปีงเพื่อทำการคัดแยกความเป็นสัด โดยมี 3 ขั้นตอน





ภาพประกอบ 3.16 ระบบคัดแยกพฤติกรรมความเป็นสัดโดยวิธีไดนามิกส์ไทม์วอร์ปิง

ขั้นตอนที่ 1) ข้อมูลอนุกรมเวลาอ้างอิงถูกจัดเก็บในขณะที่โคมีพฤติกรรมปกติ โดยทำการเก็บสะสมรวบรวมเป็นฐานข้อมูลโดยที่ N คือจำนวนวัน

ขั้นตอนที่ 2) หาค่าเส้นขีดแบ่งอ้างอิง

โดยทั่วไป โคที่มีพฤติกรรมปกติ ข้อมูลอนุกรมเวลาในแต่ละวันจะมีความคล้ายคลึงกัน เราสามารถนำข้อมูลเหล่านี้มาหาค่าเส้นขีดแบ่งอ้างอิงได้ จากนั้นนำข้อมูลเหล่านี้ทำการจับคู่แบบอนุกรม โดยจำนวนคู่หาได้จากสมการที่ (3.11)

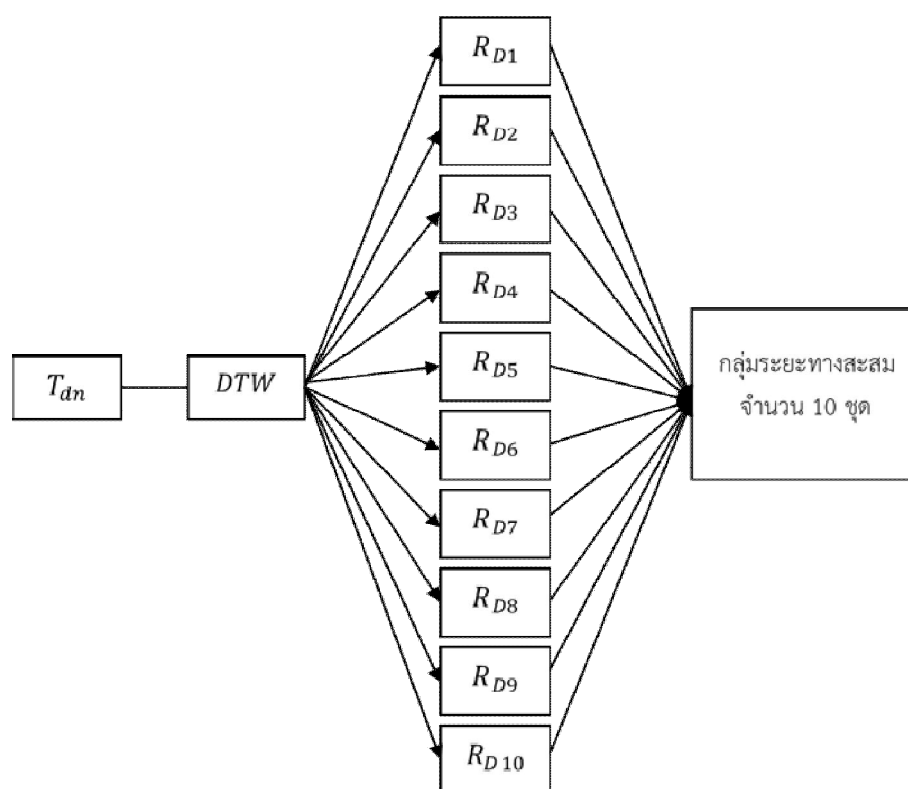
$$R_D = \frac{N!}{2(N-2)!} \quad (3.11)$$



หลังจากนั้นทำการหาค่าความเหมือนของแต่ละคู่โดยใช้ไดนามิกส์ไทม์วอร์ปปีง ผลลัพธ์ทำให้ได้กลุ่มคะแนนของระยะสะสมจำนวน 45 ชุด (กรณีฐานข้อมูลอ้างอิง 10 วัน) โดยที่คะแนนสูงสุดถูกใช้เป็นตัวชี้วัดแบ่งอ้างอิง

ขั้นตอนที่ 3) กระบวนการคัดแยก

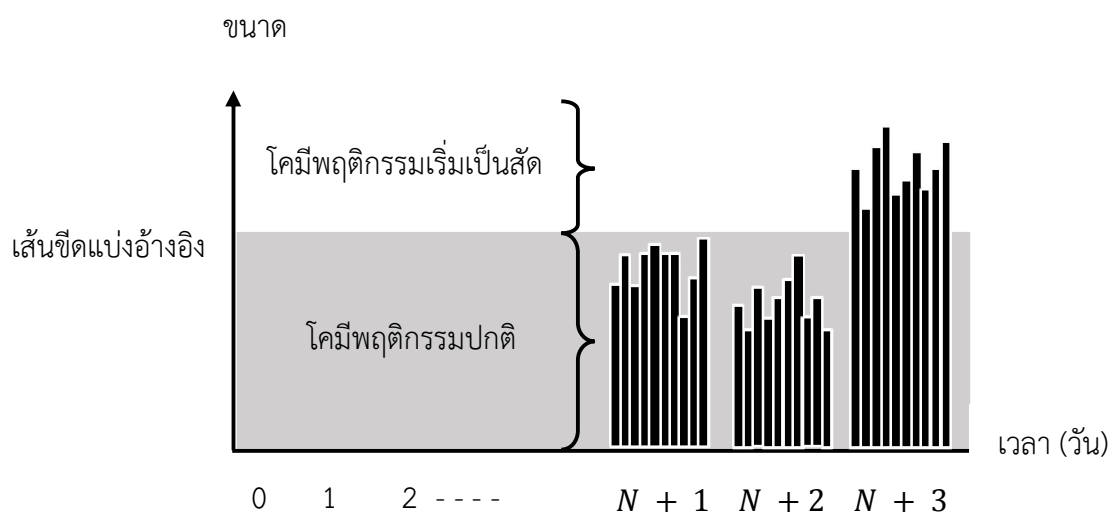
นำเอาข้อมูลอนุกรมเวลาที่ต้องการทดสอบหรือปัจจุบันเปรียบเทียบกับข้อมูลอนุกรมเวลาอ้างอิงทั้งหมด ด้วยวิธีไดนามิกส์ไทม์วอร์ปปีง โดยที่ T_{dn} คือ ข้อมูลอนุกรมเวลาของวันที่ต้องการทดสอบ และ $R_{D1} - R_{D10}$ คือ ข้อมูลของอนุกรมเวลาอ้างอิง ตั้งแต่วันที่ 1 - 10 ดังแสดงในภาพประกอบ 3.17



ภาพประกอบ 3.17 การเปรียบเทียบหาความคล้ายคลึงระหว่างอนุกรมเวลาปัจจุบันและอนุกรมเวลาอ้างอิง

ผลลัพธ์ที่ได้คือระยะทางสะสมจำนวน 10 ชุด นำค่าระยะทางสะสมทั้งหมดเปรียบเทียบกับค่าเส้นขีดแบ่งอ้างอิง ถ้ามีค่าระยะทางสะสมชุดใดชุดหนึ่งต่ำกว่า นี่หมายความว่าเวลาของพฤติกรรมโคในปัจุบันมีความคล้ายคลึงกับเวลาของพฤติกรรมโคในขณะปกติ ทางตรงข้ามหากระยะทางสะสมทั้งหมดมากกว่าค่าเส้นขีดแบ่ง นี่หมายความว่าโคมีพฤติกรรมเริ่มผิดปกติ หรือเป็นสัด ภาพประกอบ 3.18 แสดงการคัดแยกความเป็นสัดด้วยเส้นขีดแบ่งอ้างอิง โดยที่ $N + 1$ คือวันที่ต้องการทดสอบ





ภาพประกอบ 3.18 การคัดแยกความเป็นสัดของโค



บทที่ 4

ผลการวิจัยและการอภิปราย

เนื้อหาในบทนี้แสดงผลการทดสอบระบบที่นำเสนอ การทดลองถูกแบ่งออกเป็นสามส่วน

- 1) ทดลองกระบวนการคัดแยกพฤติกรรมโค เพื่อนำข้อมูลพฤติกรรมปรับให้อยู่ในรูปของอนุกรมเวลา
- 2) ทดลองหาค่าระยะทางสะสมอ้างอิงจากข้อมูลอนุกรมเวลาอ้างอิง ทำการเก็บข้อมูลในช่วงที่โคมีพฤติกรรมปกติ เป็นเวลา 10 วัน และ 3) ทดลองกระบวนการคัดแยกพฤติกรรมความเป็นสัตว์ของโคโดยไดนามิกส์ใหม่เวอร์บปีง

4.1 ผลการทดลองกระบวนการคัดแยกข้อมูลพฤติกรรมโค

ระบบสมองกลฝังตัวถูกติดตั้งที่ชาด้านขวาของโค เมื่อโคเคลื่อนไหวสัญญาณความเร่งทั้งสามแกนที่สัมพันธ์กับพฤติกรรมโค ถูกส่งไปยังคอมพิวเตอร์ เพื่อเข้าสู่กระบวนการคัดแยกพฤติกรรม

4.1.1 การหาค่าเฉลี่ยของแต่ละแกนและค่าความแปรปรวนในแกน Y อ้างอิง

เริ่มต้นกระบวนการคัดแยก คือการหาค่าอ้างอิงของแต่ละแกนและค่าความแปรปรวนของ แกน Y สำหรับใช้คัดแยกพฤติกรรมนอน ยืนและเดินแตะเล็มหญ้า ซึ่งสามารถหาได้ดังนี้

- 1) ค่าเฉลี่ยของแต่ละแกนในกลุ่มพฤติกรรมการเดินแตะเล็มหญ้าโดยใช้สมการที่ (3.1)

$$\mu_{rj(walking)} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_i$$

ผลจากการคำนวณข้อมูลผลลัพธ์ที่ได้ในแต่ละแกนมีดังนี้

$$\mu_{rj(walking)} X = 1.896$$

$$\mu_{rj(walking)} Y = 1.513$$

$$\mu_{rj(walking)} Z = 1.509$$



ค่าความแปรปรวนของแกน Y ในกลุ่มพฤติกรรมเดินและเหวี่ยงโดยใช้สมการที่ (3.5)

$$\sigma_{rY(walking)}^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \mu_{rj(walking)})^2}{N}$$

ผลจากการคำนวณได้ดังนี้

$$\sigma_{rY(walking)}^2 = 0.0397$$

2) ค่าเฉลี่ยของแต่ละแกนในกลุ่มพฤติกรรมยืนโดยใช้สมการที่ (3.2)

$$\mu_{rj(standing)} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_i$$

ผลจากการคำนวณข้อมูลผลลัพธ์ที่ได้ในแต่ละแกนมีดังนี้

$$\mu_{rj(standing)} X = 2.000$$

$$\mu_{rj(standing)} Y = 1.616$$

$$\mu_{rj(standing)} Z = 1.523$$

3) ค่าเฉลี่ยของแต่ละแกนในกลุ่มพฤติกรรมนอนตะแคงซ้ายและขวา โดยใช้สมการที่ (3.3)

$$\mu_{rj(lying)} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_i$$

ผลจากการคำนวณข้อมูลผลลัพธ์ที่ได้ในแต่ละมีดังนี้

ค่าอ้างอิงของการนอนตะแคงซ้าย

$$\mu_{rj(lying) \text{ left}} X = 1.767$$

$$\mu_{rj(lying) \text{ left}} Y = 1.450$$

$$\mu_{rj(lying) \text{ left}} Z = 1.754$$



ค่าอ้างอิงของการนอนตะแคงขวา

$$\mu_{rj(\text{lying}) \text{ right}} X = 1.742$$

$$\mu_{rj(\text{lying}) \text{ right}} Y = 1.362$$

$$\mu_{rj(\text{lying}) \text{ right}} Z = 1.435$$

4.1.2 การทดลองเก็บข้อมูลโค

ค่าอ้างอิงที่ได้จากหัวข้อที่ 4.1 ถูกเก็บไว้ในฐานข้อมูล สำหรับคัดแยกพฤติกรรมโคทั้งห้าตัว โดยที่ระบบสมองกลฝังตัวถูกติดตั้งที่ขาขวาด้านหน้า และทำการเก็บข้อมูลพฤติกรรมเป็นระยะเวลา 10 วัน วันละ 10 ชั่วโมง ตั้งแต่เวลา 08.00 น. ถึง 18.00 น. ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 4.1 – 4.5

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลที่ได้จากการสังเกตผ่านวิดีโอและจากระบบการคัดแยกของโคตัวที่ 1 ในวันที่ 1 – 10

วันที่	พฤติกรรม วิธีสังเกต (นาที)	การเดิน	การยืน	การนอน
1	สังเกตผ่านวิดีโอ	430	84	87
	สังเกตจากระบบ	421	90	90
2	สังเกตผ่านวิดีโอ	419	80	102
	สังเกตจากระบบ	420	72	109
3	สังเกตผ่านวิดีโอ	445	69	87
	สังเกตจากระบบ	451	55	95
4	สังเกตผ่านวิดีโอ	425	70	106
	สังเกตจากระบบ	421	65	115
5	สังเกตผ่านวิดีโอ	448	64	89
	สังเกตจากระบบ	451	60	90
6	สังเกตผ่านวิดีโอ	372	175	54
	สังเกตจากระบบ	361	180	60



ตารางที่ 4.1 ข้อมูลที่ได้จากการสังเกตผ่านวิดีโอและจากระบบการคัดแยกของโคตัวที่ 1 ในวันที่ 1 – 10 (ต่อ)

วันที่	พฤติกรรม วิธีสังเกต (นาท)	การเดิน	การยืน	การนอน
7	สังเกตผ่านวิดีโอ	447	58	96
	สังเกตจากระบบ	451	55	95
8	สังเกตผ่านวิดีโอ	414	73	114
	สังเกตจากระบบ	416	70	115
9	สังเกตผ่านวิดีโอ	410	65	126
	สังเกตจากระบบ	406	55	140
10	สังเกตผ่านวิดีโอ	455	52	94
	สังเกตจากระบบ	466	45	90

ตารางที่ 4.2 ข้อมูลที่ได้จากการสังเกตผ่านวิดีโอและจากระบบการคัดแยกของโคตัวที่ 2 ในวันที่ 1 – 10

วันที่	พฤติกรรม วิธีสังเกต (นาท)	การเดิน	การยืน	การนอน
1	สังเกตผ่านวิดีโอ	428	59	114
	สังเกตจากระบบ	421	55	125
2	สังเกตผ่านวิดีโอ	418	91	92
	สังเกตจากระบบ	421	85	95
3	สังเกตผ่านวิดีโอ	455	53	93
	สังเกตจากระบบ	451	50	100
4	สังเกตผ่านวิดีโอ	425	68	108
	สังเกตจากระบบ	421	65	115



ตารางที่ 4.2 ข้อมูลที่ได้จากการสังเกตผ่านวิดีโอและจากระบบการคัดแยกของโคตัวที่ 2 ในวันที่ 1 – 10
(ต่อ)

วันที่	พฤติกรรม วิธีสังเกต (นาทีก)	การเดิน	การยืน	การนอน
5	สังเกตผ่านวิดีโอ	130	98	373
	สังเกตจากระบบ	121	101	380
6	สังเกตผ่านวิดีโอ	219	186	196
	สังเกตจากระบบ	211	190	200
7	สังเกตผ่านวิดีโอ	320	146	135
	สังเกตจากระบบ	316	135	150
8	สังเกตผ่านวิดีโอ	418	29	154
	สังเกตจากระบบ	416	15	170
9	สังเกตผ่านวิดีโอ	440	76	85
	สังเกตจากระบบ	436	75	90
10	สังเกตผ่านวิดีโอ	456	53	92
	สังเกตจากระบบ	466	45	90



ตารางที่ 4.3 ข้อมูลที่ได้จากการสังเกตผ่านวิดีโอและจากระบบการคัดแยกของโคตัวที่ 3 ในวันที่ 1 – 10

วันที่	พฤติกรรม วิธีสังเกต (นาที)	การเดิน	การยืน	การนอน
1	สังเกตผ่านวิดีโอ	425	43	133
	สังเกตจากระบบ	421	40	140
2	สังเกตผ่านวิดีโอ	426	87	88
	สังเกตจากระบบ	421	90	90
3	สังเกตผ่านวิดีโอ	456	62	83
	สังเกตจากระบบ	451	55	95
4	สังเกตผ่านวิดีโอ	426	83	92
	สังเกตจากระบบ	421	80	100
5	สังเกตผ่านวิดีโอ	453	57	91
	สังเกตจากระบบ	451	55	95
6	สังเกตผ่านวิดีโอ	424	78	99
	สังเกตจากระบบ	421	75	105
7	สังเกตผ่านวิดีโอ	457	68	76
	สังเกตจากระบบ	451	60	90
8	สังเกตผ่านวิดีโอ	451	98	52
	สังเกตจากระบบ	446	100	55
9	สังเกตผ่านวิดีโอ	408	84	109
	สังเกตจากระบบ	406	80	115
10	สังเกตผ่านวิดีโอ	458	69	74
	สังเกตจากระบบ	466	60	75



ตารางที่ 4.4 ข้อมูลที่ได้จากการสังเกตผ่านวิดีโอและจากระบบการคัดแยกของโคตัวที่ 4 ในวันที่ 1 – 10

วันที่	พฤติกรรม วิธีสังเกต (นาที)	การเดิน	การยืน	การนอน
1	สังเกตผ่านวิดีโอ	423	64	114
	สังเกตจากระบบ	421	60	120
2	สังเกตผ่านวิดีโอ	432	83	86
	สังเกตจากระบบ	421	90	90
3	สังเกตผ่านวิดีโอ	447	98	56
	สังเกตจากระบบ	451	95	55
4	สังเกตผ่านวิดีโอ	418	72	111
	สังเกตจากระบบ	421	65	115
5	สังเกตผ่านวิดีโอ	453	64	84
	สังเกตจากระบบ	451	55	95
6	สังเกตผ่านวิดีโอ	376	174	51
	สังเกตจากระบบ	361	180	60
7	สังเกตผ่านวิดีโอ	312	148	141
	สังเกตจากระบบ	316	135	150
8	สังเกตผ่านวิดีโอ	419	83	99
	สังเกตจากระบบ	416	75	110
9	สังเกตผ่านวิดีโอ	438	79	110
	สังเกตจากระบบ	436	75	90
10	สังเกตผ่านวิดีโอ	461	52	88
	สังเกตจากระบบ	466	45	90



ตารางที่ 4.5 ข้อมูลที่ได้จากการสังเกตผ่านวิดีโอและจากระบบการคัดแยกของโคตัวที่ 5 ในวันที่ 1 – 10

วันที่	พฤติกรรม วิธีสังเกต (นาที)	การเดิน	การยืน	การนอน
1	สังเกตผ่านวิดีโอ	429	66	106
	สังเกตจากระบบ	421	65	115
2	สังเกตผ่านวิดีโอ	419	98	84
	สังเกตจากระบบ	421	90	90
3	สังเกตผ่านวิดีโอ	452	63	86
	สังเกตจากระบบ	451	55	95
4	สังเกตผ่านวิดีโอ	427	79	95
	สังเกตจากระบบ	421	75	105
5	สังเกตผ่านวิดีโอ	446	84	71
	สังเกตจากระบบ	451	80	70
6	สังเกตผ่านวิดีโอ	428	82	91
	สังเกตจากระบบ	421	75	105
7	สังเกตผ่านวิดีโอ	453	62	86
	สังเกตจากระบบ	451	55	95
8	สังเกตผ่านวิดีโอ	418	79	104
	สังเกตจากระบบ	416	75	110
9	สังเกตผ่านวิดีโอ	398	103	100
	สังเกตจากระบบ	401	105	95
10	สังเกตผ่านวิดีโอ	458	54	89
	สังเกตจากระบบ	466	45	90

จากตารางที่ 4.1-4.5 แสดงผลสรุปของการคัดแยกพฤติกรรม ซึ่งถูกนำมาหาความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย โดยใช้ผลจากการสังเกตด้วยคนผ่านวิดีโอเป็นค่าอ้างอิง จากผลการสังเกตของทั้งสองวิธีพบว่า



โคตัวที่ 1 เวลาเฉลี่ยของพฤติกรรมเดินแทะเล็มหญ้าเท่ากัน ดังนั้นความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 0% ยืนนิ่งเฉลี่ยมีเวลาต่างกัน 5 นาที ทำให้ความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 8% และนอนเฉลี่ยต่างกัน 5 นาที ความคลาดเคลื่อน 5%

โคตัวที่ 2 เวลาเฉลี่ยของพฤติกรรมเดินแทะเล็มหญ้าต่างกัน 3 นาที ยืนนิ่งเฉลี่ยต่างกัน 4 นาที และนอนเฉลี่ยต่างกัน 8 นาที ดังนั้นได้ผลของความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยเท่ากับ 3%, 5% และ 5% ตามลำดับ

โคตัวที่ 3 เวลาเฉลี่ยของพฤติกรรมเดินแทะเล็มหญ้าต่างกัน 12 นาที ทำให้มีความคลาดเคลื่อน 1% เวลายืนนิ่งเฉลี่ยต่างกัน 3 นาที ทำให้มีความคลาดเคลื่อน 4% และเวลานอนเฉลี่ยต่างกัน 6 นาที ความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 6%

โคตัวที่ 4 เวลาเฉลี่ยของพฤติกรรมเดินแทะเล็มหญ้าต่างกัน 1 นาที นี่ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อน 1% เวลายืนนิ่งเฉลี่ยต่างกัน 6 นาที ผลความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 4% และเวลานอนเฉลี่ยต่างกัน 7 นาที ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อน 7%

โคตัวที่ 5 เวลาเฉลี่ยของพฤติกรรมเดินแทะเล็มหญ้าต่างกัน 1 นาที ผลทำให้เกิดความคลาดเคลื่อน 1% เวลายืนนิ่งเฉลี่ยต่างกัน 5 นาที ผลความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 7% และเวลานอนเฉลี่ยต่างกัน 6 นาที ผลความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 6%

จากผลของการคัดแยกพฤติกรรม สรุปเป็นความถูกต้องโดยเฉลี่ยได้ดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ความถูกต้องของกระบวนการคัดแยกพฤติกรรมโค

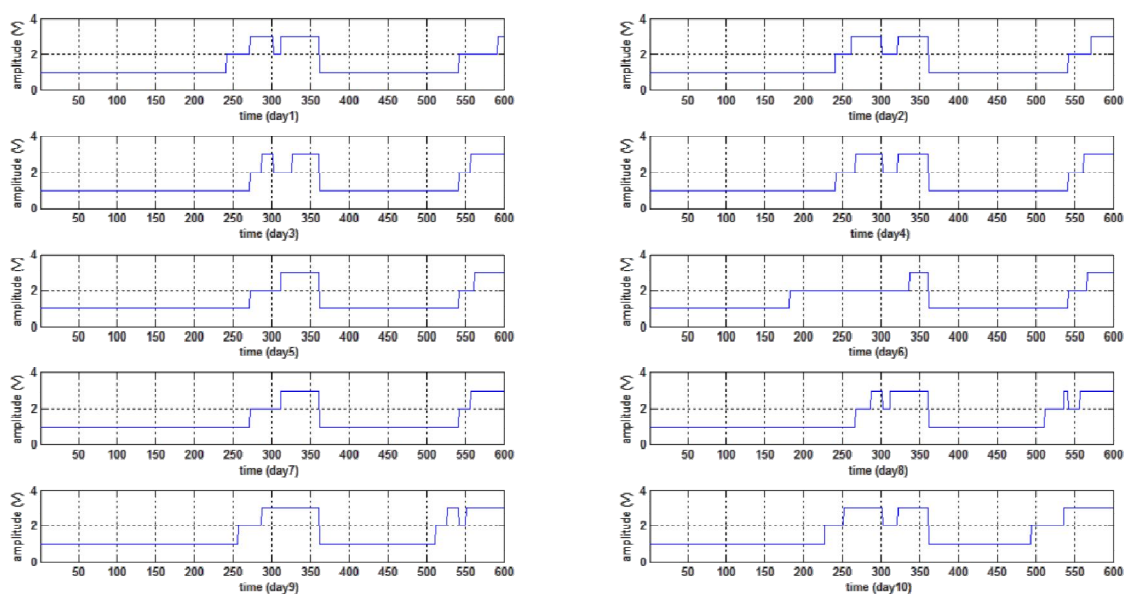
พฤติกรรม ข้อมูลโค	เดินแทะเล็มหญ้า (%)	ยืน (%)	นอน (%)
โคตัวที่ 1	100	93	95
โคตัวที่ 2	97	95	95
โคตัวที่ 3	99	96	94
โคตัวที่ 4	99	96	93
โคตัวที่ 5	99	93	94
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ)	1.095	1.516	0.836



4.1.3 การปรับข้อมูลของแต่ละกลุ่มพฤติกรรมให้อยู่ในรูปของอนุกรมเวลา

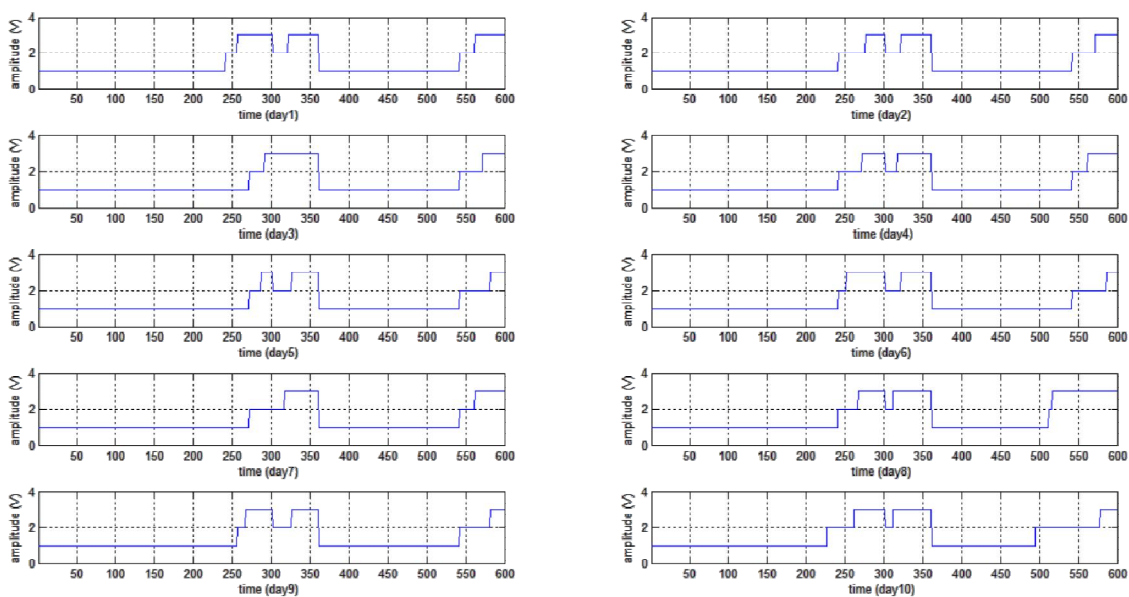
จากข้อมูลของการคัดแยกพฤติกรรมโคขณะปกติ ดังแสดงในหัวข้อที่ 4.1.2 ถูกเปลี่ยนให้อยู่ในรูปของอนุกรมเวลา โดยที่แกนตั้งคือแรงดัน พฤติกรรมเดินแทะเล็มหญ้าถูกแทนด้วย 1V พฤติกรรมยืนนิ่งถูกแทนด้วย 2V และพฤติกรรมนอนถูกแทนด้วย 3V ขณะที่แกนนอนคือเวลา

จากภาพประกอบ 4.1-4.5 แสดงผลการเปลี่ยนข้อมูลของการคัดแยกพฤติกรรมโคเป็นอนุกรมเวลาของโคตัวที่ 1-5 เป็นจำนวนสิบวัน ข้อมูลอนุกรมเวลาอ้างอิงเหล่านี้ ถูกนำมาใช้เป็นค่าอ้างอิงสำหรับการคัดแยกความเป็นสัตว์ของโค

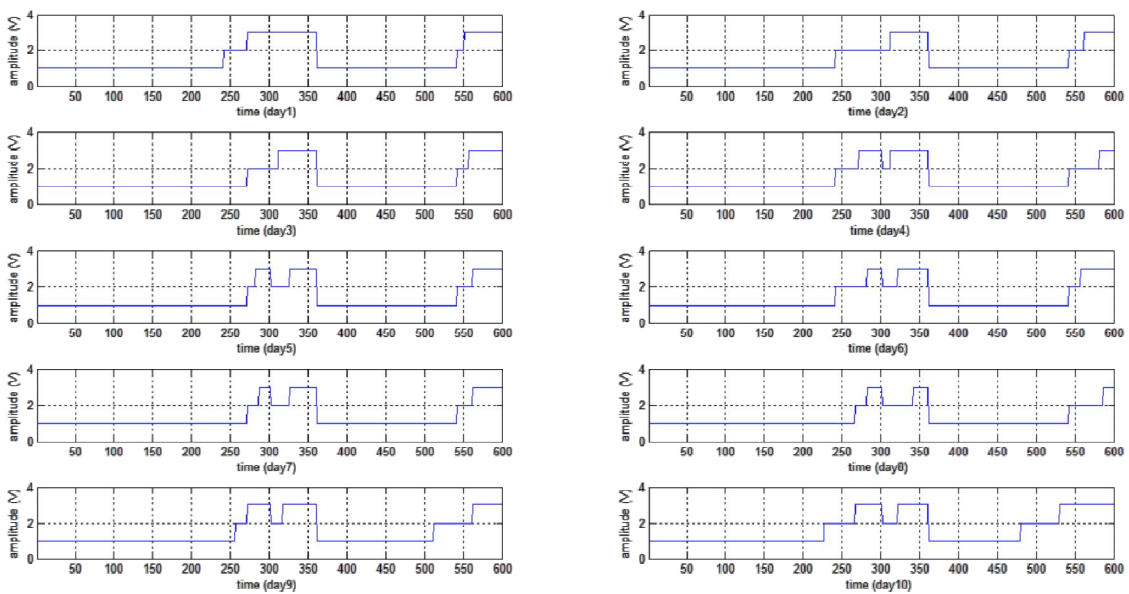


ภาพประกอบ 4.1 ฐานข้อมูลอนุกรมเวลาอ้างอิงโคตัวที่ 1



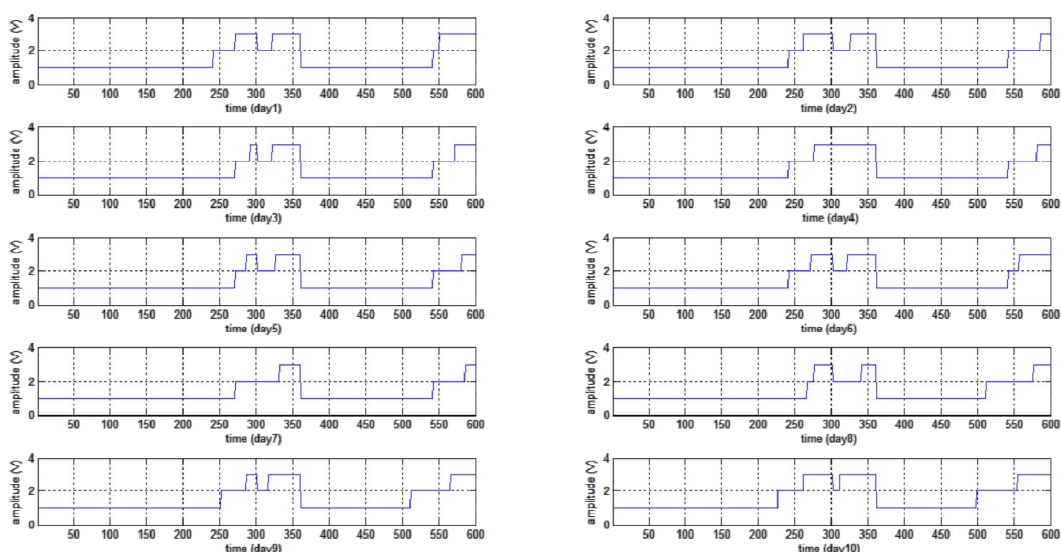


ภาพประกอบ 4.2 ฐานข้อมูลอนุกรมเวลาอ้างอิงโคตัวที่ 2

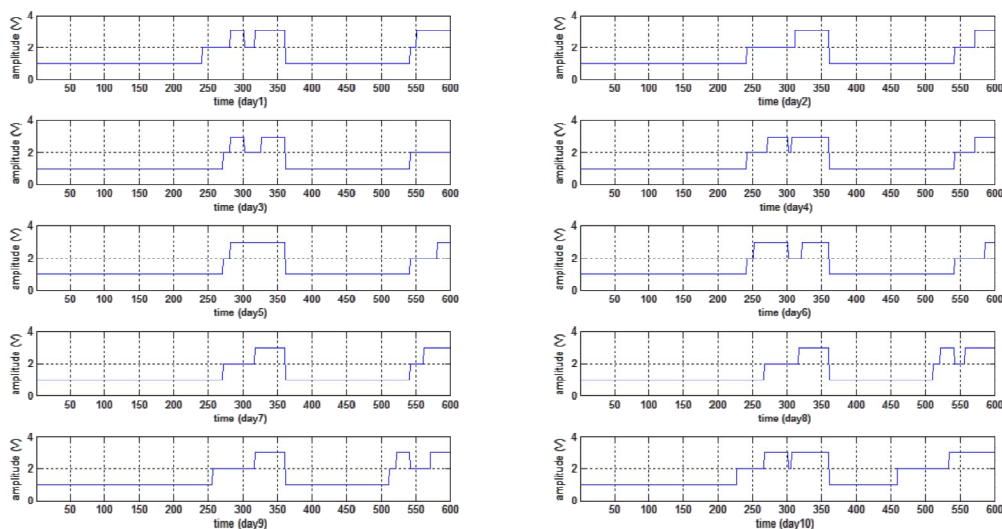


ภาพประกอบ 4.3 ฐานข้อมูลอนุกรมเวลาอ้างอิงโคตัวที่ 3





ภาพประกอบ 4.4 ฐานข้อมูลอนุกรมเวลาอ้างอิงโคตัวที่ 4



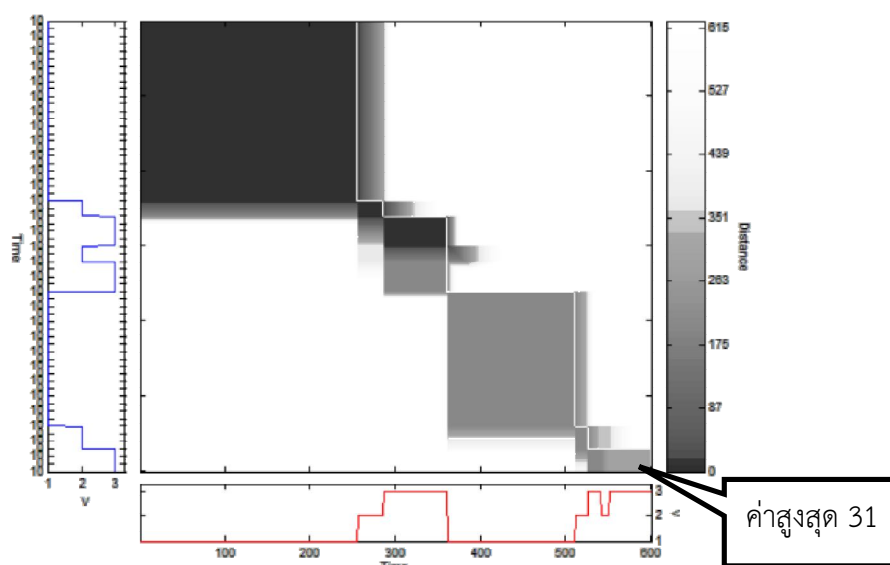
ภาพประกอบ 4.5 ฐานข้อมูลอนุกรมเวลาอ้างอิงโคตัวที่ 5

4.2 ผลทดลองหาค่าระยะทางสะสมอ้างอิงจากข้อมูลอนุกรมเวลาอ้างอิง

จากภาพประกอบ 4.1-4.5 แสดงข้อมูลอนุกรมเวลาของโคทั้ง 5 ตัว ถูกเก็บในขณะที่โคมีพฤติกรรมปกติ เพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลอ้างอิง สำหรับคัดแยกพฤติกรรมความเป็นสัด การหาค่าอ้างอิงของโคแต่ละตัวทำได้ด้วยการนำเอาอนุกรมเวลาทั้ง 10 วันมาจับคู่แบบอนุกรม และทำการวัดความเหมือนด้วยไดนามิกสไทม์วอร์ปิง ภาพประกอบ 4.6 แสดงผลการวัดความเหมือนของอนุกรมเวลาอ้างอิงของ

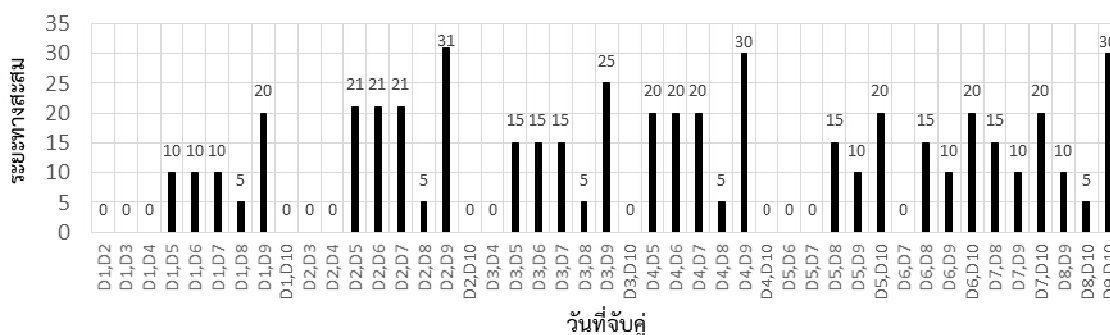


วันที่ 2 กับวันที่ 9 โดยใช้โปรแกรม MATLAB ผลลัพธ์แสดงเมตริกซ์ระยะสมและเส้นทางบิดเบือน โดยที่ระยะทางระยะสมเท่ากับ 31 ซึ่งเป็นค่าสูงสุด ในจำนวนการจำคู่ 45 ชุด ภาพประกอบ 4.7 แสดงระยะทางระยะสมทั้งหมดของจำนวน 45 คู่ ซึ่งกระจายอยู่ในช่วง 0-31 ค่าเหล่านี้บ่งบอกถึงความเหมือนกันของข้อมูลอนุกรมเวลาอ้างอิง โดยที่ค่าระยะทางระยะสมสูงสุดถูกใช้เป็นตัวชี้แจงสำหรับคัดแยกพฤติกรรมความเป็นสัด ขณะที่ภาพประกอบ 4.8-4.15 แสดงผลการวัดความเหมือน เมตริกซ์ระยะสมและเส้นทางบิดเบือน และการกระจายของระยะทางระยะสมของโคตัวที่ 2-5 โดยที่ค่าระยะทางระยะสมสูงสุดเท่ากับ 25, 20, 25 และ 85 ตามลำดับ ดังสรุปในตารางที่ 4.7



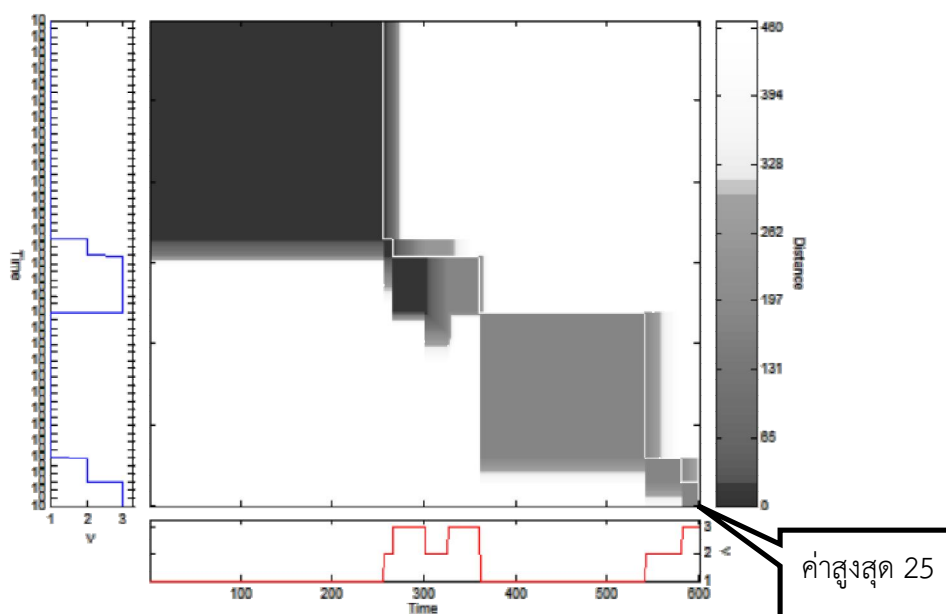
ภาพประกอบ 4.6 เมตริกซ์ระยะสมและเส้นทางบิดเบือนของอนุกรมเวลาอ้างอิงของวันที่ 2 และ 9 ของโคตัวที่ 1

ค่าระยะทางระยะสมอ้างอิง โคตัวที่ 1



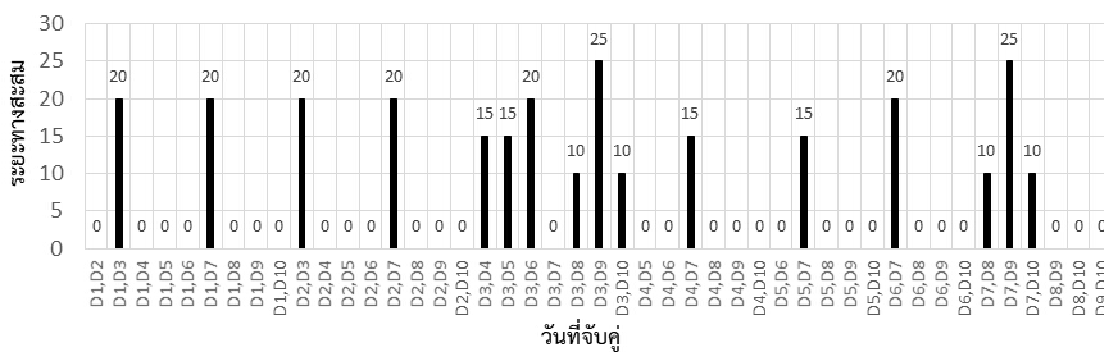
ภาพประกอบ 4.7 ค่าระยะทางระยะสมทั้งหมดของฐานข้อมูลอนุกรมเวลาอ้างอิงของโคตัวที่ 1





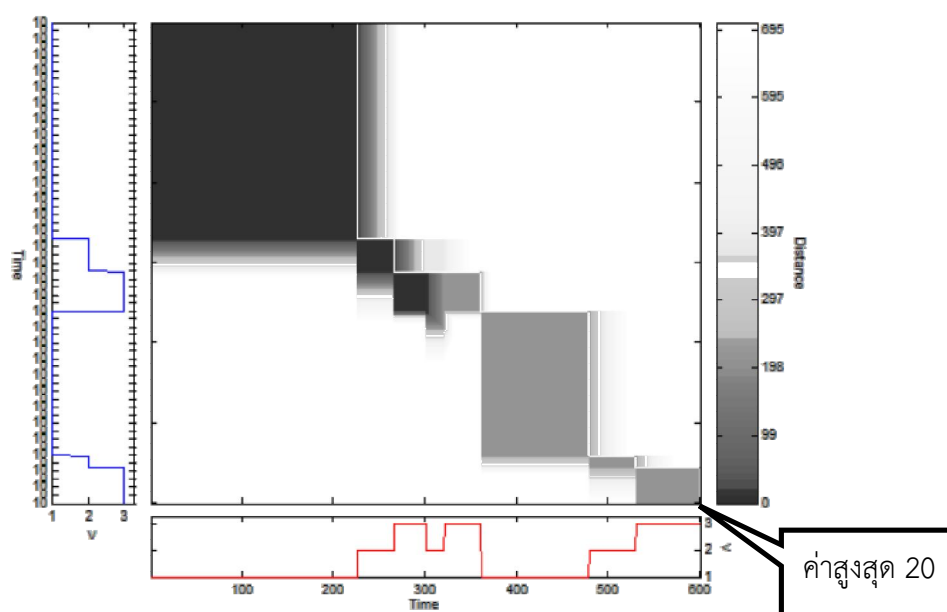
ภาพประกอบ 4.8 เมตริกซ์ระยะสมและเส้นทางปิดเปิดของอนุกรมเวลาอ้างอิง
ของวันที่ 3 และ 9 ของโคตัวที่ 2

ค่าระยะทางสะสมอ้างอิง โคตัวที่ 2



ภาพประกอบ 4.9 ค่าระยะทางสะสมทั้งหมดของฐานข้อมูลอนุกรมอ้างอิงของโคตัวที่ 2

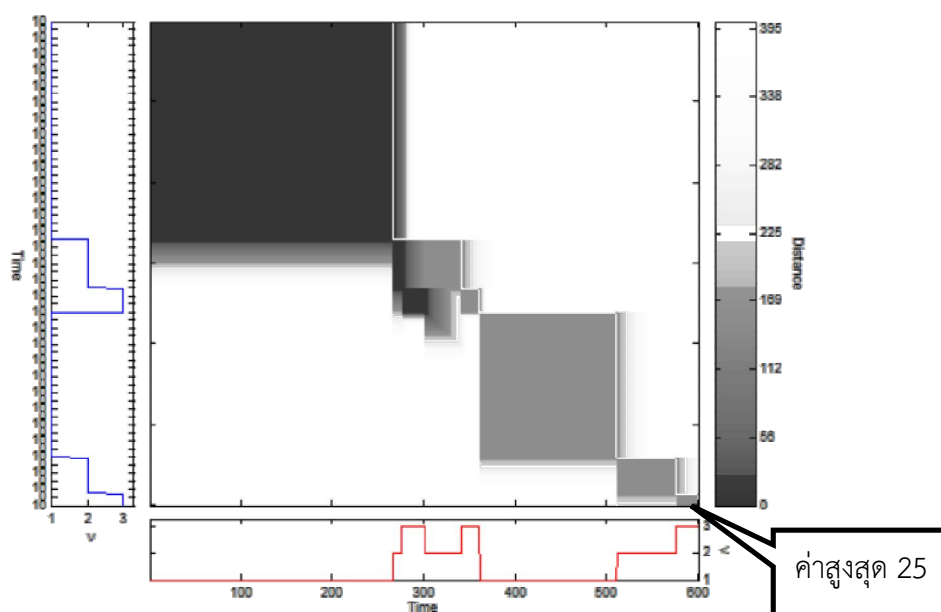




ภาพประกอบ 4.10 เมตริกซ์สะสมและเส้นทางปิดเปิดของอนุกรมเวลาอ้างอิง
ของวันที่ 1 และ 5 ของโคตัวที่ 3



ภาพประกอบ 4.11 ค่าระยะทางสะสมทั้งหมดของฐานข้อมูลอนุกรมอ้างอิงของโคตัวที่ 3

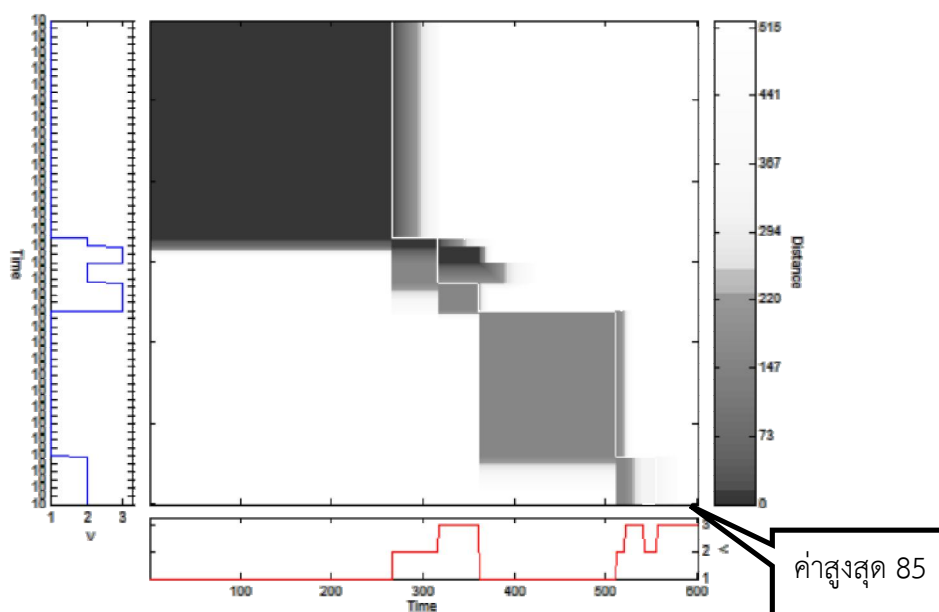


ภาพประกอบ 4.12 เมตริกซ์สะสมและเส้นทางบิดเบือนของอนุกรมเวลาอ้างอิง
ของวันที่ 2 และ 4 ของโคตัวที่ 4



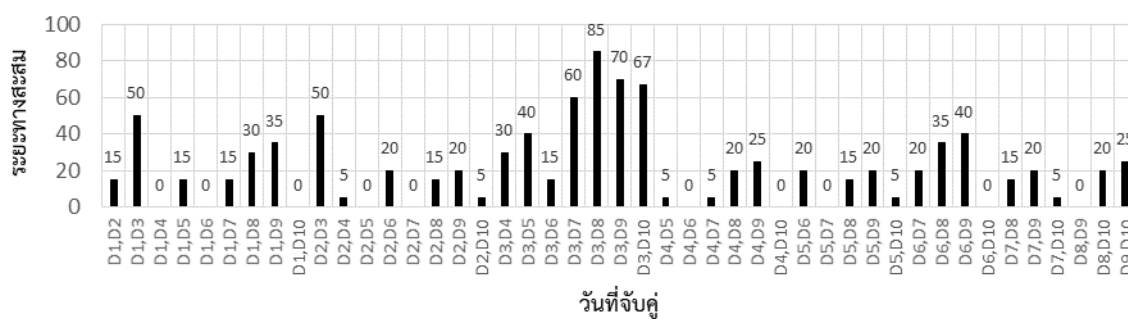
ภาพประกอบ 4.13 ค่าระยะทางสะสมทั้งหมดของฐานข้อมูลอนุกรมอ้างอิงของโคตัวที่ 4





ภาพประกอบ 4.14 เมตริกซ์สะสมและเส้นทางบิดเบือนของอนุกรมเวลาอ้างอิง
ของวันที่ 3 และ 8 ของโคตัวที่ 5

ค่าระยะทางสะสมอ้างอิง โคตัวที่ 5



ภาพประกอบ 4.15 ค่าระยะทางสะสมทั้งหมดของฐานข้อมูลอนุกรมอ้างอิงของโคตัวที่ 5



ตารางที่ 4.7 ค่าสูงสุดของระยะทางสะสมอ้างอิง

ข้อมูลโค	ค่าระยะทางสะสมอ้างอิง	ค่าสูงสุด
	โคตัวที่ 1	31
	โคตัวที่ 2	25
	โคตัวที่ 3	20
	โคตัวที่ 4	25
	โคตัวที่ 5	85

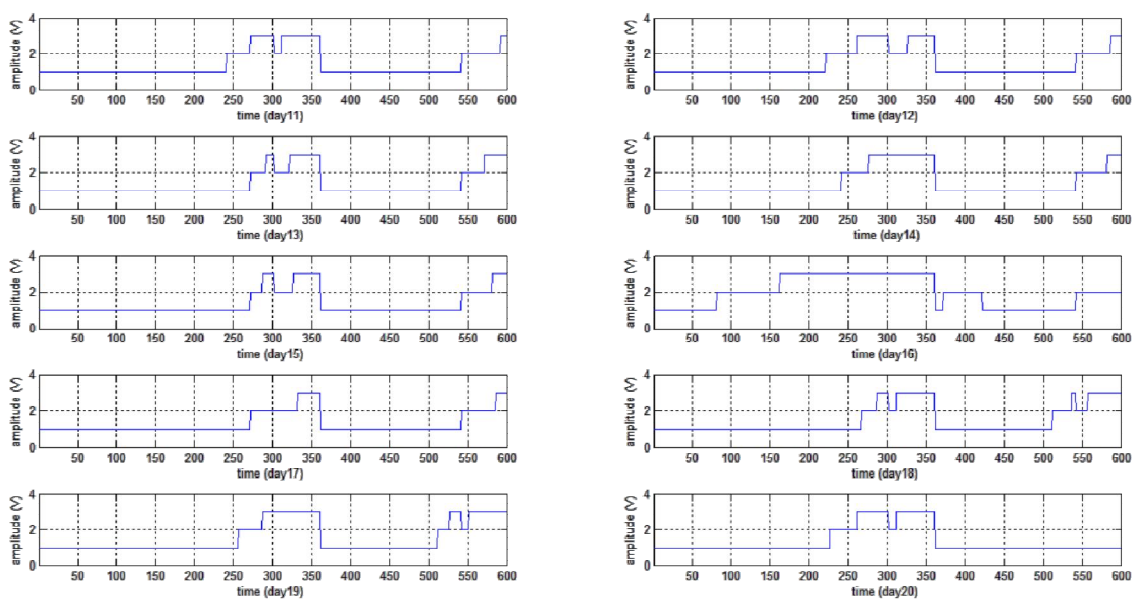
4.3 ผลการทดลองคัดแยกความเป็นสัตว์ของโคโดยไดนามิกส์ใหม่เวอร์ปิง

การคัดแยกความเป็นสัตว์ เริ่มจากการนำเอาข้อมูลอนุกรมเวลาปัจจุบันของโคในแต่ละวัน เปรียบเทียบกับฐานข้อมูลอ้างอิง 10 วัน ผลลัพธ์ที่ได้คือระยะทางสะสม 10 ชุด ระยะทางสะสมเหล่านี้ จะถูกนำไปเปรียบเทียบกับค่าอ้างอิง ถ้าคะแนนของทุกชุดสูงกว่าค่าอ้างอิง แสดงว่าโคเป็นสัตว์ แต่หาก ผลเปรียบเทียบ มีชุดใดชุดหนึ่งน้อยกว่าค่าอ้างอิง นี่หมายถึงโคอยู่ในพฤติกรรมปกติ

4.3.1 ผลการทดลองคัดแยกความเป็นสัตว์ของโคตัวที่ 1

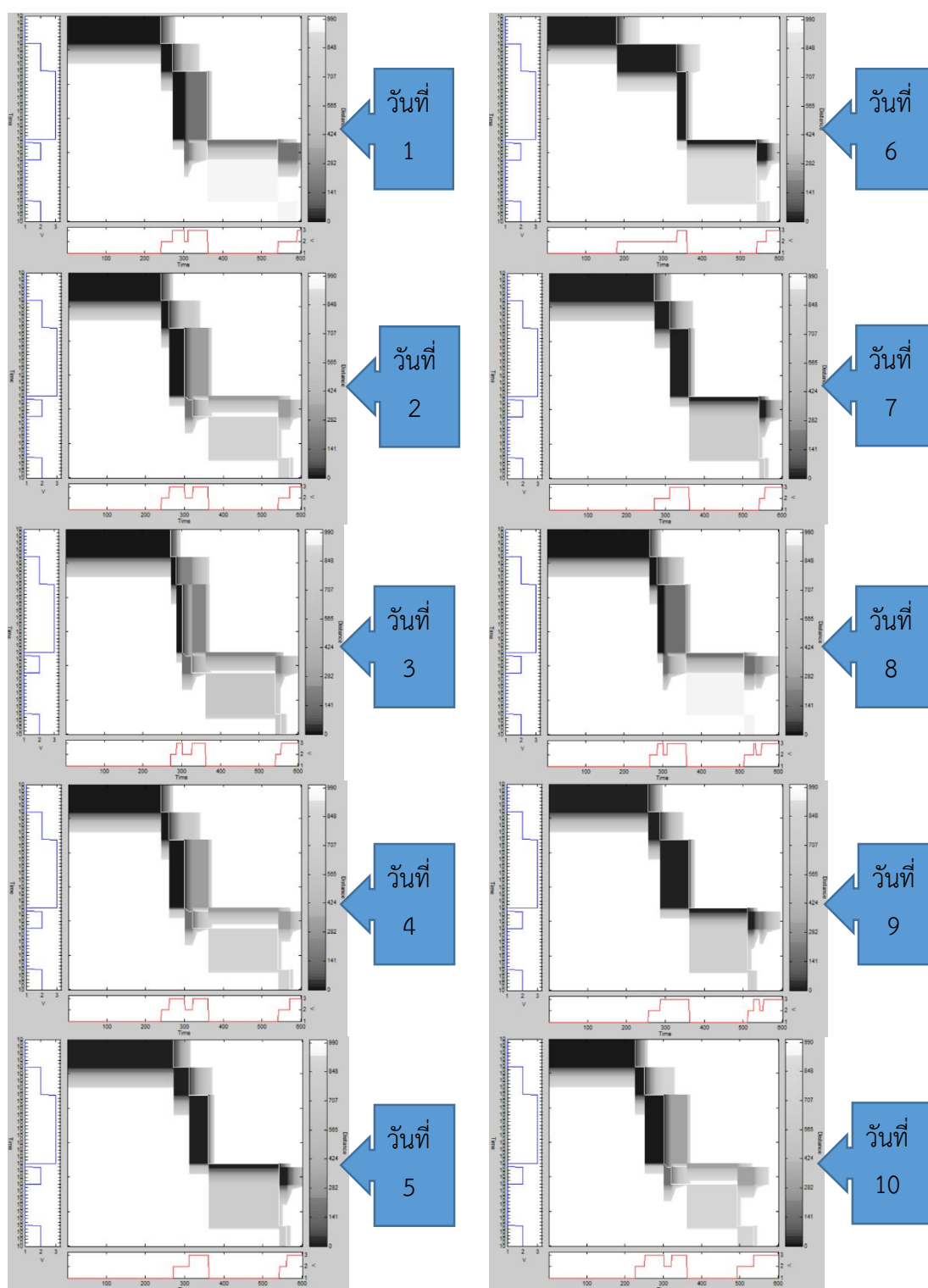
จากภาพประกอบ 4.16 แสดงอนุกรมเวลาของโคตัวที่ 1 ช่วงวันที่ 11-20 จาก กระบวนการเปรียบเทียบด้วยไดนามิกส์ใหม่เวอร์ปิง พบว่าผลของการเปรียบเทียบระยะทางสะสมของ ชุดข้อมูลของวันที่ 11, 12, 13, 14, 15, 17, 18 และ 19 ค่าระยะทางสะสมมีค่าต่ำกว่าค่าอ้างอิง จาก ผลลัพธ์นี้แสดงว่าโคเป็นปกติ ขณะที่อนุกรมเวลาของวันที่ 16 และ 20 ถูกเปรียบเทียบกับฐานข้อมูล อ้างอิงทั้ง 10 วัน ผลลัพธ์จากการจำลองด้วยโปรแกรม ดังภาพประกอบ 4.17 - 4.18 โดยที่คะแนน ระยะทางสะสมของทุกชุด สูงกว่าค่าอ้างอิง แสดงในภาพประกอบ 4.19 นี้แสดงว่าอยู่นี้โคอยู่ในระหว่าง พฤติกรรมผิดปกติ จากการสังเกตพฤติกรรมโคในวันที่ 16 โคจะนอนมากกว่าทุกวัน นี่เป็นเพราะโคเป็น ไข้ อย่างไรก็ตามจากผลของระบบการคัดแยกความเป็นสัตว์ สรุปได้ว่าโคเป็นสัตว์ในวันที่ 20 ซึ่งถูกต้องกับ การสังเกตพฤติกรรมผลด้วยคน





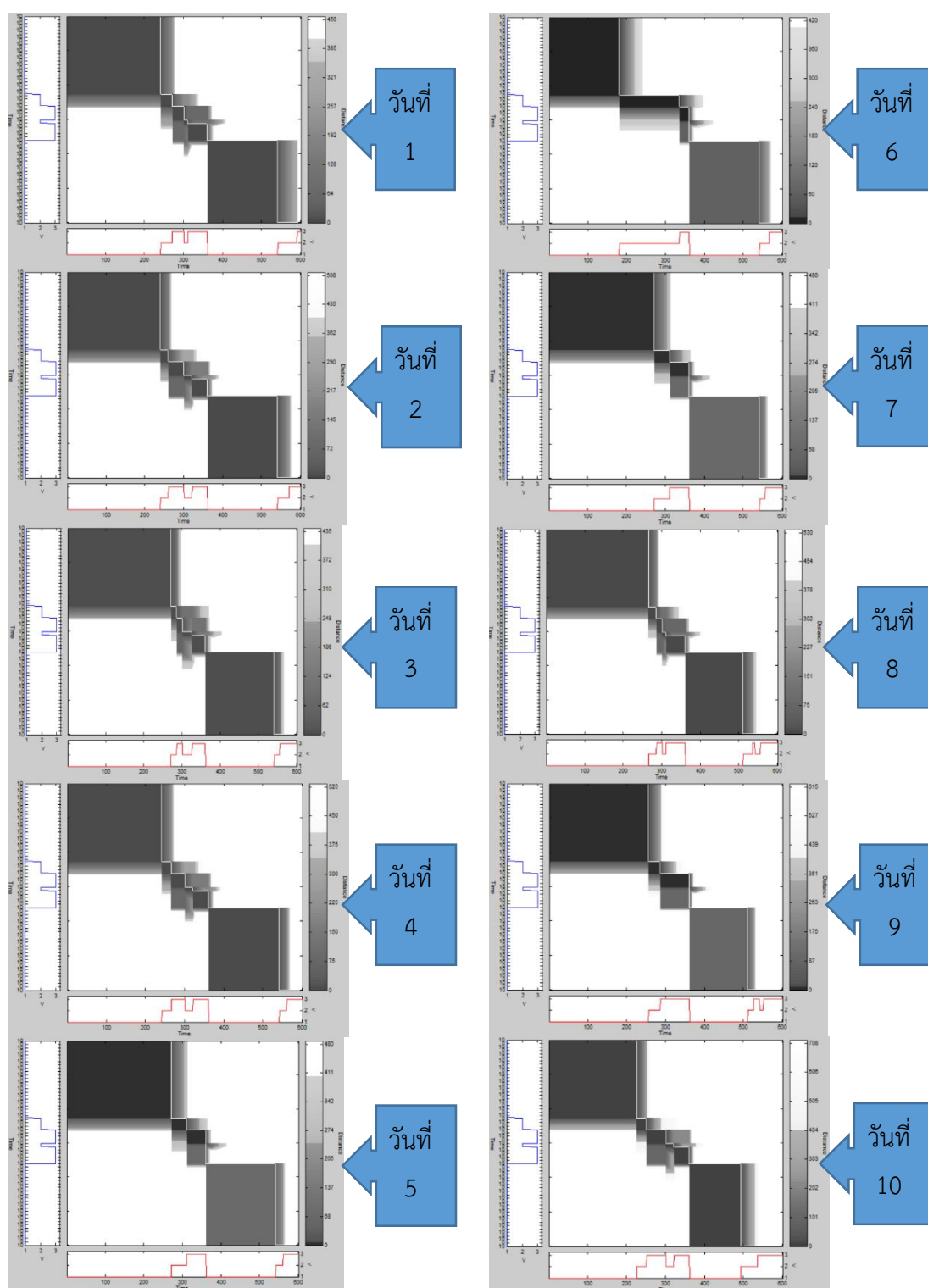
ภาพประกอบ 4.16 ข้อมูลอนุกรมเวลาปัจจุบันโคตัวที่ 1





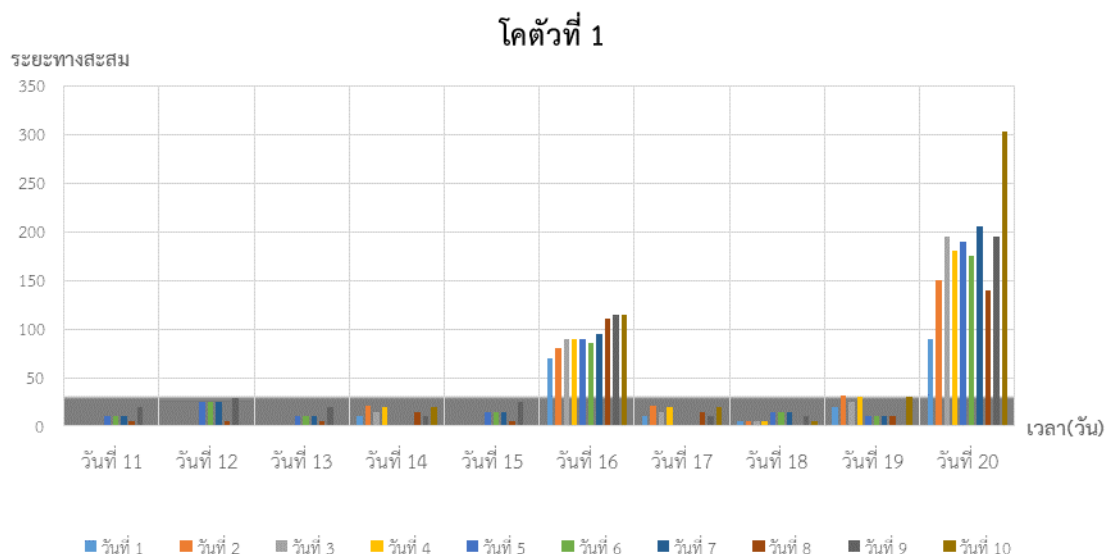
ภาพประกอบ 4.17 เมตริกซ์สะสมและเส้นทางปิดเบียนของอนุกรมเวลาที่มีค่าสูงเกินค่าสูงสุดในวันที่ 16 ของโคตัวที่ 1





ภาพประกอบ 4.18 เมตริกซ์สะสมและเส้นทางปิดเป็นของอนุกรมเวลาที่มีค่าสูงเกินค่าสูงสุดในวันที่ 20 ของโคตัวที่ 1



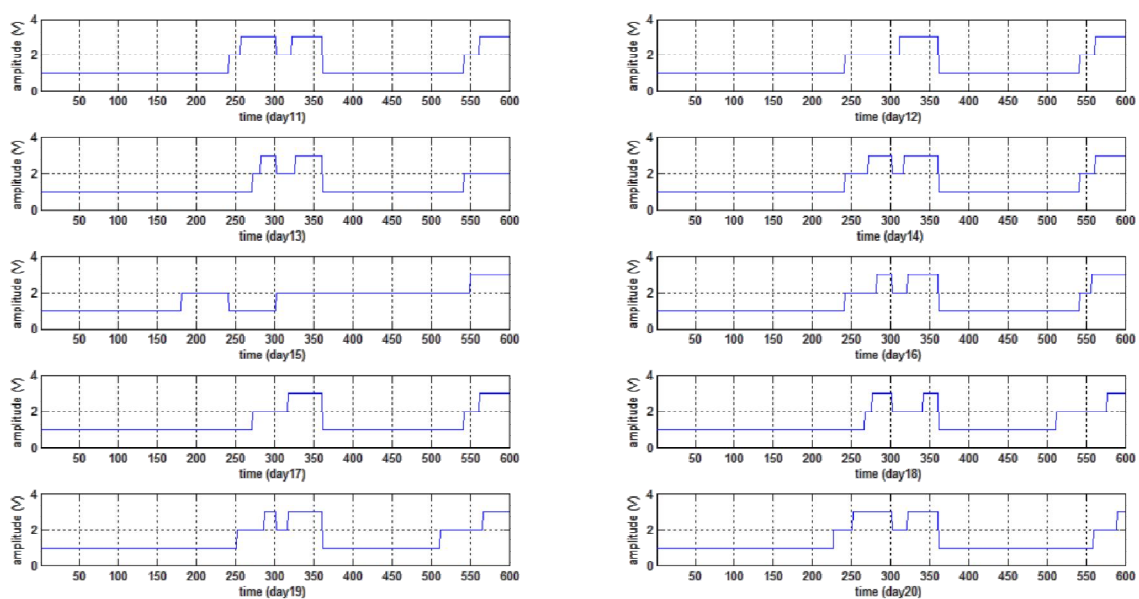


ภาพประกอบ 4.19 ค่าระยะทางสะสม ตั้งแต่วันที่ 11 – 20 เปรียบเทียบกับระยะทางสะสมอ้างอิงที่เป็น
แถบสีเทา ของโคตัวที่ 1

4.3.2 ผลการทดลองคัดแยกความเป็นสัตว์ของโคตัวที่ 2

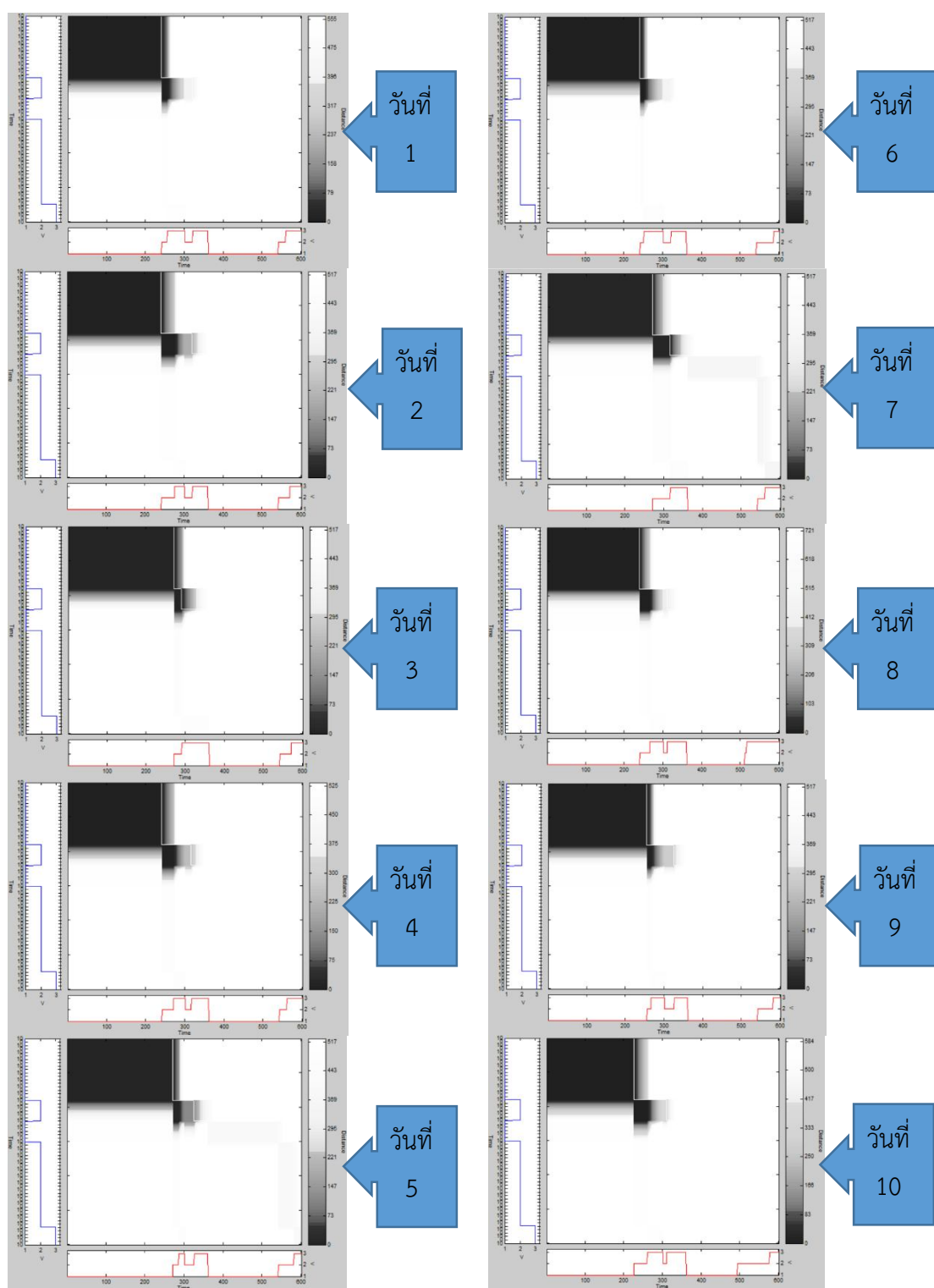
ข้อมูลอนุกรมเวลาปัจจุบันของโคตัวที่ 2 ดังภาพประกอบ 4.20 ในช่วงวันที่ 11-20 ถูกนำมาเปรียบเทียบกับฐานข้อมูลอ้างอิง 10 วัน ด้วยไดนามิกส์ใหม่เวอร์ปิง พบว่าระยะทางสะสมของชุดข้อมูลของวันที่ 11, 12, 13, 14, 16, 17, 18, 19 และ 20 มีค่าต่ำกว่าค่าอ้างอิง จากผลลัพธ์นี้แสดงว่าโคเป็นปกติ แต่ในขณะที่ข้อมูลอนุกรมเวลาปัจจุบันของวันที่ 15 ถูกเปรียบเทียบกับฐานข้อมูลอ้างอิงทั้ง 10 วัน ผลลัพธ์จากการจำลองด้วยโปรแกรม ดังภาพประกอบ 4.21 มีคะแนนระยะทางสะสมของทุกชุด สูงกว่าค่าอ้างอิง เมื่อนำผลที่ได้มาแสดงในภาพประกอบ 4.22 แสดงให้เห็นว่าโคอยู่ในระหว่างพฤติกรรมผิดปกติ จากการสังเกตพฤติกรรมโคมีพฤติกรรมกรีนมากกว่าทุกวัน ซึ่งข้อมูลดังกล่าวสอดคล้องกลับพฤติกรรมกรีนเป็นสัตว์ คือ ในช่วงที่เป็นสัตว์ โคจะมีพฤติกรรมกรีนมาก สรุปได้ว่าโคเป็นสัตว์ในวันที่ 15 ซึ่งถูกต้องกับการสังเกตพฤติกรรมด้วยคน





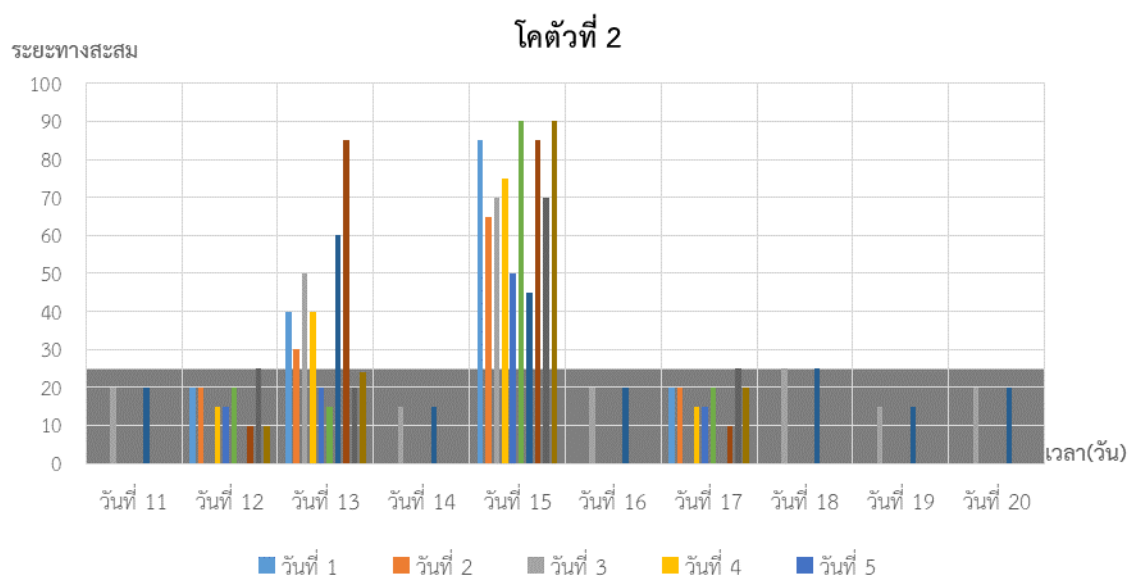
ภาพประกอบ 4.20 ข้อมูลอนุกรมเวลาปัจจุบันโคตัวที่ 2





ภาพประกอบ 4.21 เมตริกซ์สะสมและเส้นทางปิดเปิดของอนุกรมเวลาที่มีค่าสูงเกินค่าสูงสุดในวันที่ 15



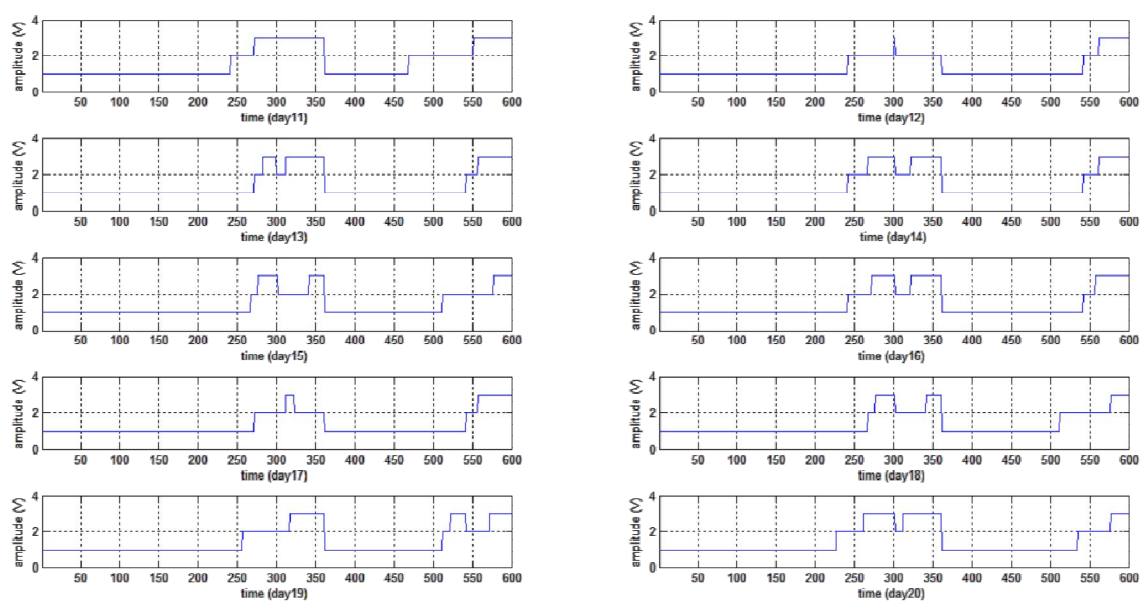


ภาพประกอบ 4.22 ค่าระยะทางสะสม ตั้งแต่วันที่ 11 – 20 เปรียบเทียบกับระยะทางสะสมอ้างอิงที่เป็น
แถบสีเทา ของโคตัวที่ 2

4.3.3 ผลการทดลองคัดแยกความเป็นสัตว์ของโคตัวที่ 3

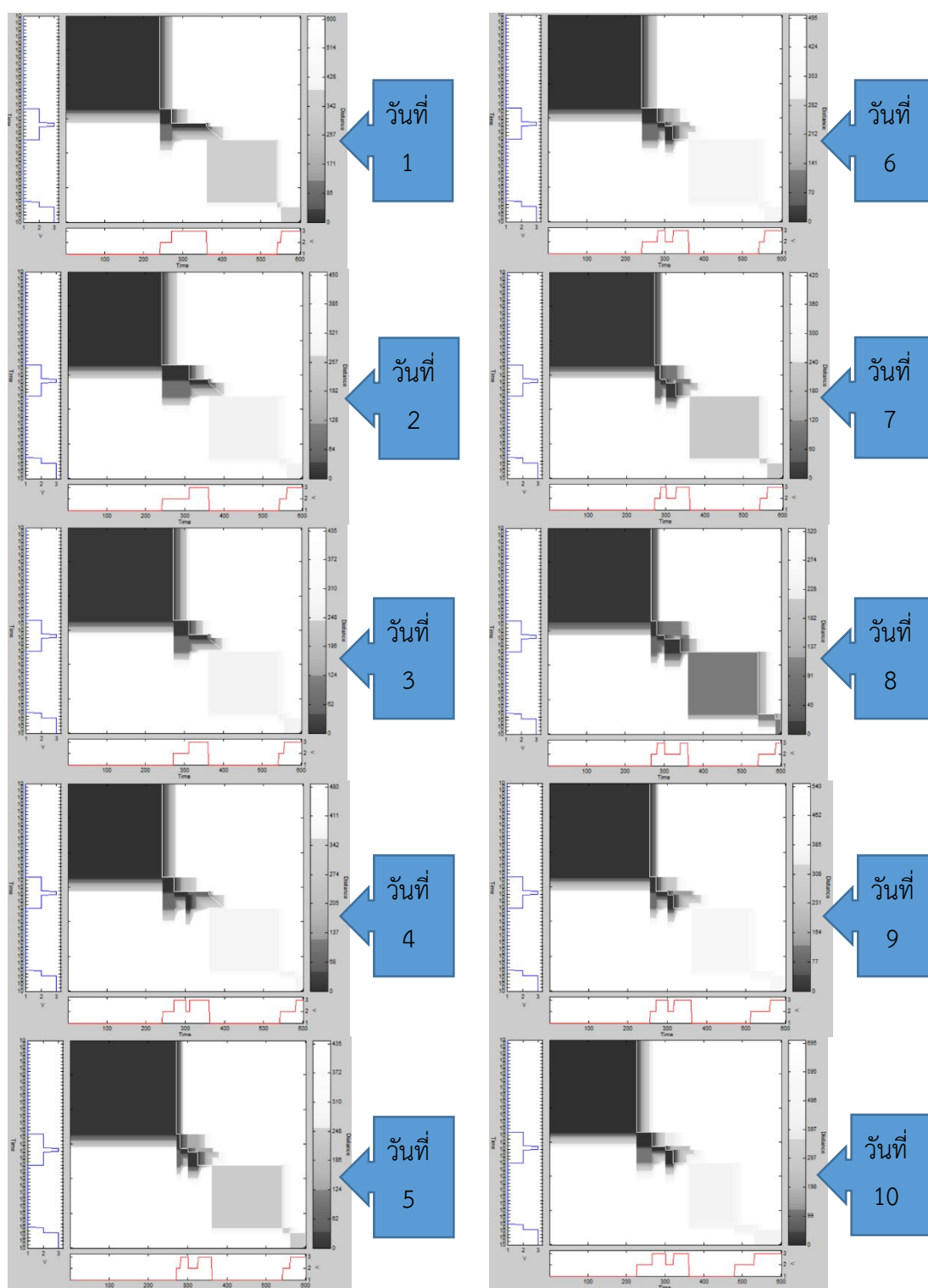
ข้อมูลอนุกรมเวลาปัจจุบันของโคตัวที่ 3 ในวันที่ 11-20 ดังภาพประกอบ 4.23 ถูกนำมาเข้ากระบวนการเปรียบเทียบกับฐานข้อมูลอ้างอิง 10 วัน ด้วยไดนามิกส์ใหม่วอร์ปปีง พบว่าระยะทางสะสมของชุดข้อมูลของวันที่ 11, 12, 13, 14, 15, 16, 18, 19 และ 20 มีค่าต่ำกว่าค่าอ้างอิง แสดงว่าในช่วงวันดังกล่าวโคมีพฤติกรรมปกติ แต่ในขณะที่ข้อมูลอนุกรมเวลาปัจจุบันของวันที่ 17 ถูกเปรียบเทียบกับฐานข้อมูลอ้างอิงทั้ง 10 วัน ผลลัพธ์จากการจำลองด้วยโปรแกรม ดังภาพประกอบ 4.24 จะเห็นได้ว่าระยะทางสะสมของทุกชุด มีค่าสูงกว่าค่าอ้างอิง ดังแสดงในภาพประกอบ 4.25 นี้แสดงว่าโคอยู่ในช่วงเริ่มเป็นสัตว์ จากการสังเกตโคมีพฤติกรรมการเดินทางมากกว่าทุกวัน ซึ่งถูกต้องกับการสังเกตพฤติกรรมด้วยคน





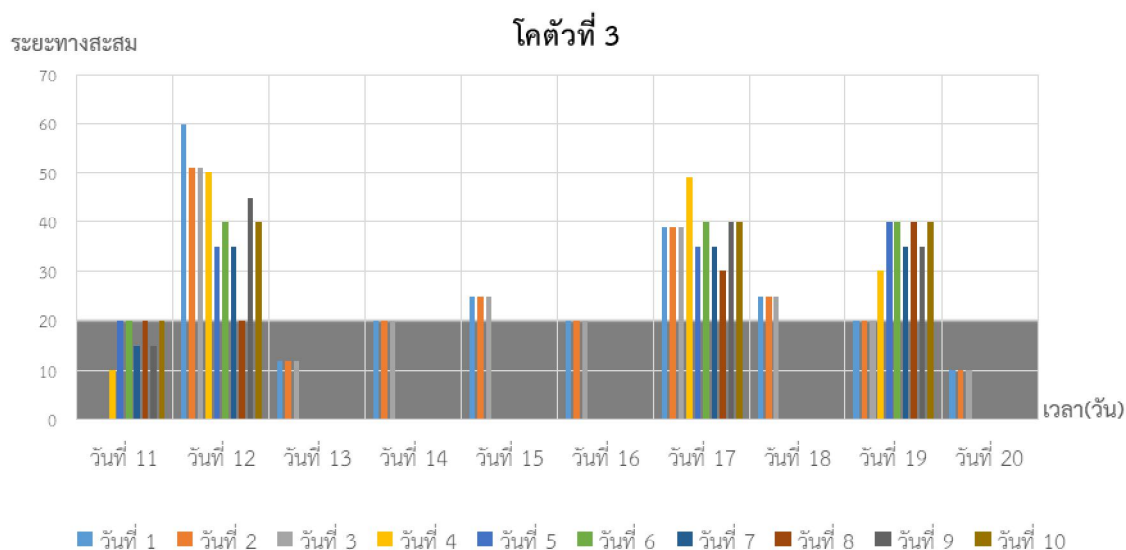
ภาพประกอบ 4.23 ข้อมูลอนุกรมเวลาปัจจุบันโคตัวที่ 3





ภาพประกอบ 4.24 เมตริกซ์สะสมและเส้นทางปิดเปิดของอนุกรมเวลาที่มีค่าสูงเกินค่าสูงสุดในวันที่ 17 ของโคตัวที่ 3



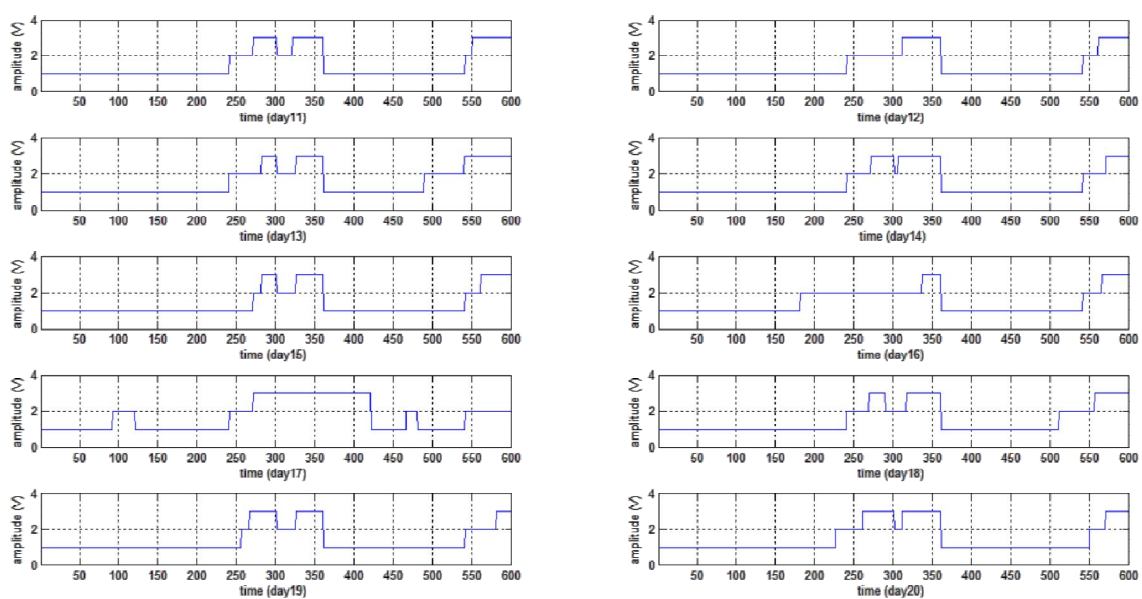


ภาพประกอบ 4.25 ค่าระยะทางสะสม ตั้งแต่วันที่ 11 – 20 เปรียบเทียบกับระยะทางสะสมอ้างอิงที่เป็น
แถบสีเทา ของโคตัวที่ 3

4.3.4 ผลการทดลองคัดแยกความเป็นสัตว์ของโคตัวที่ 4

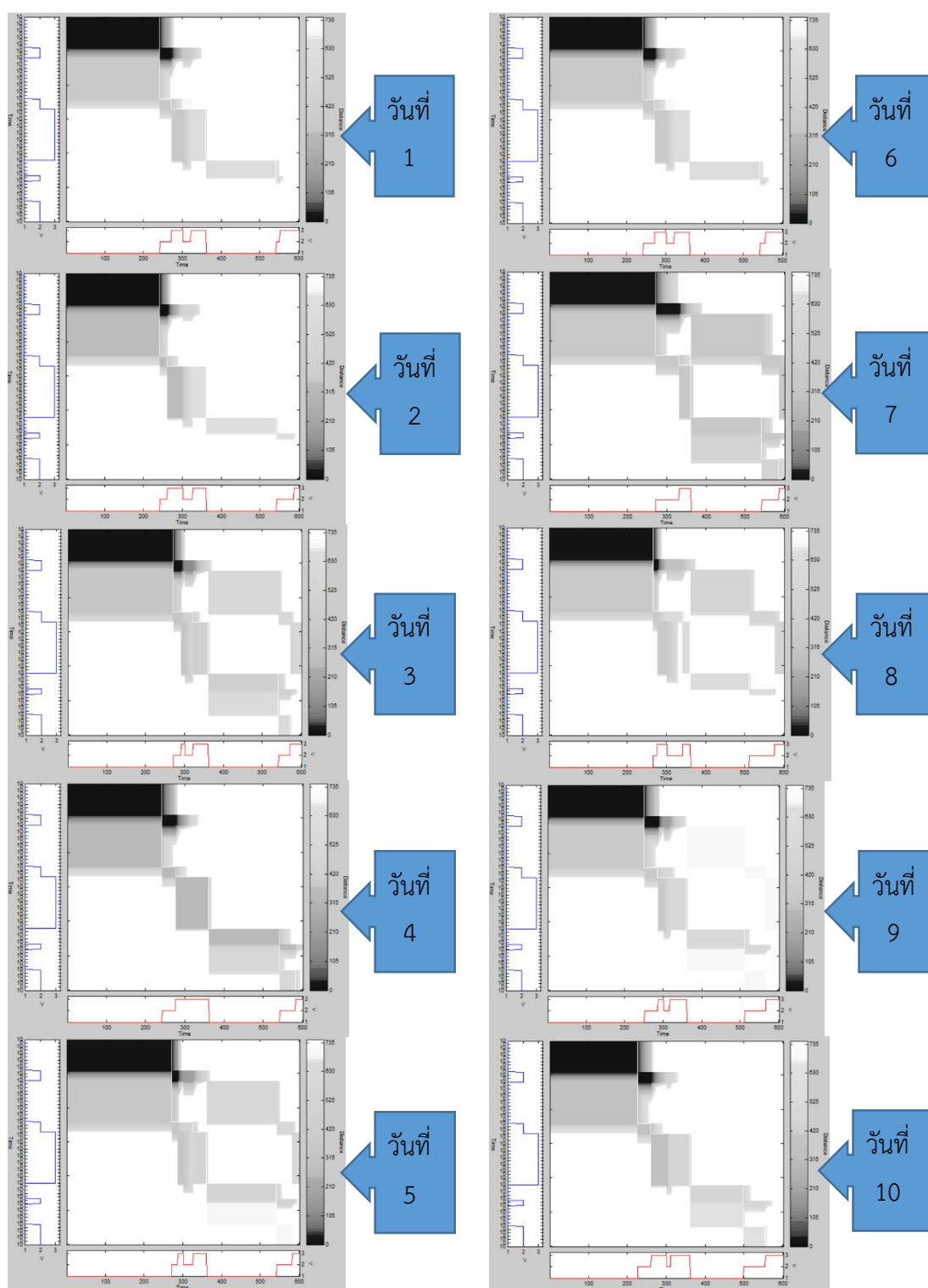
ข้อมูลอนุกรมเวลาปัจจุบันของโคตัวที่ 4 ช่วงวันที่ 11-20 ดังภาพประกอบ 4.26 ถูกนำมาเปรียบเทียบกับฐานข้อมูลอ้างอิง 10 วันด้วยไดนามิกส์ไทม์วอร์ปิง พบว่าระยะทางสะสมของชุดข้อมูลของวันที่ 11, 12, 13, 14, 15, 16, 18, 19 และ 20 ค่าระยะทางสะสมมีค่าต่ำกว่าค่าอ้างอิงจากผลลัพธ์นี้แสดงว่าในช่วงวันดังกล่าวโคมีพฤติกรรมปกติ แต่ในขณะที่ข้อมูลอนุกรมเวลาปัจจุบันของวันที่ 17 ถูกเปรียบเทียบกับฐานข้อมูลอ้างอิงทั้ง 10 วัน ผลลัพธ์จากการจำลองด้วยโปรแกรม ดังภาพประกอบ 4.27 โดยที่คะแนนระยะทางสะสมของทุกชุด สูงกว่าค่าอ้างอิง แสดงในภาพประกอบ 4.28 นี้แสดงว่าโคอยู่ในช่วงเป็นสัตว์ จากการสังเกตโคมีพฤติกรรมการยืนมากกว่าทุกวัน ซึ่งตรงกับทฤษฎีการเป็นสัตว์ของโค ช่วงเป็นสัตว์โคจะมีพฤติกรรมยืนมาก [12] ซึ่งข้อมูลข้างต้นมีความถูกต้องกับผลการสังเกตพฤติกรรมด้วยคน





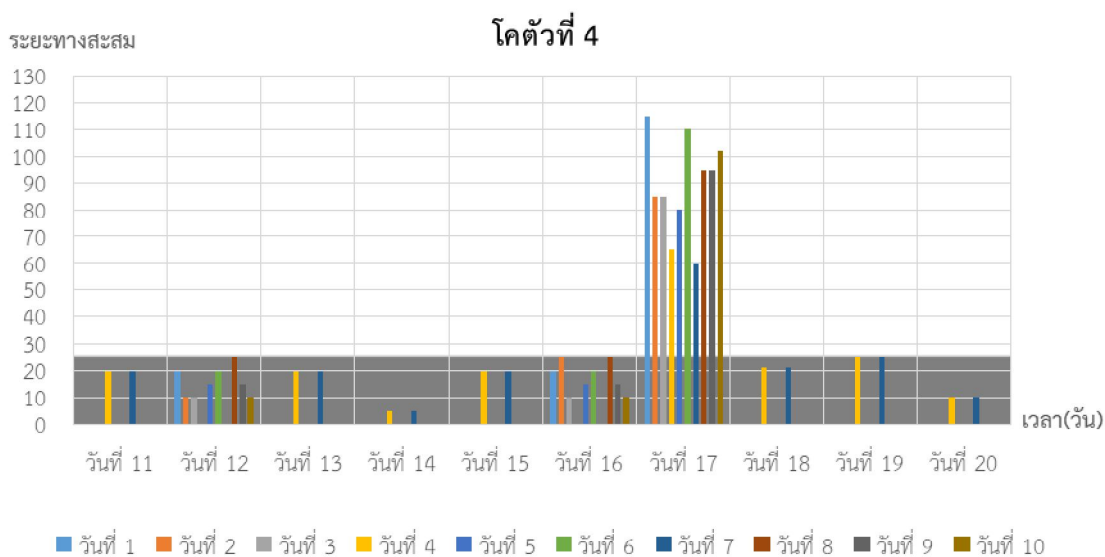
ภาพประกอบ 4.26 ข้อมูลอนุกรมเวลาปัจจุบันโคตัวที่ 4





ภาพประกอบ 4.27 เมตริกซ์สะสมและเส้นทางปิดเปิดของอนุกรมเวลาที่มีค่าสูงเกินค่าสูงสุดในวันที่ 17 ของโคตวี่ 4



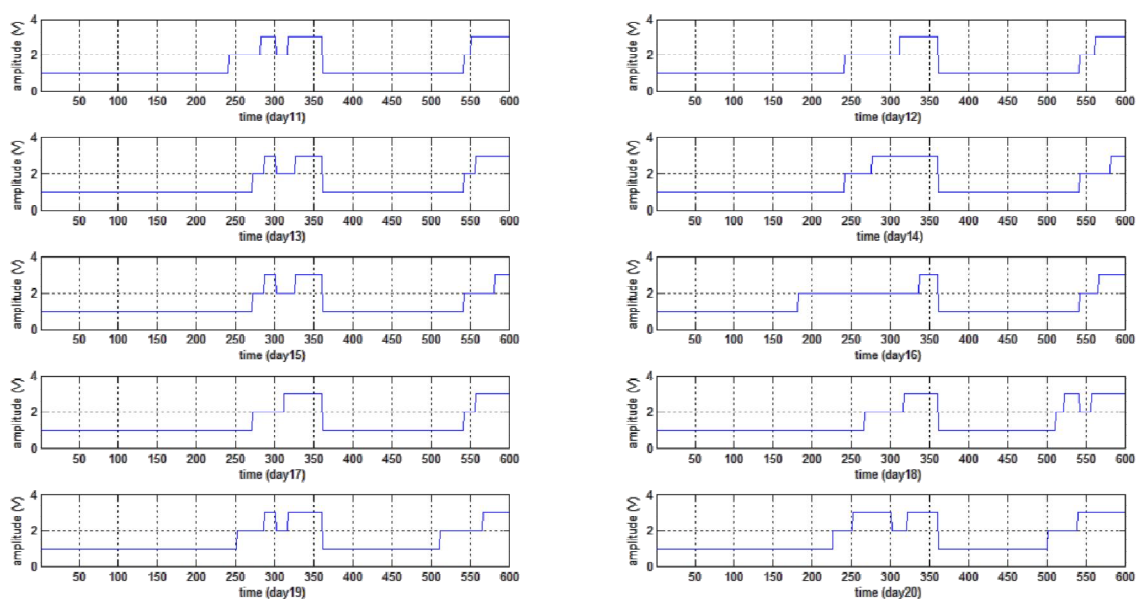


ภาพประกอบ 4.28 ค่าระยะทางสะสม ตั้งแต่วันที่ 11 – 20 เปรียบเทียบกับระยะทางสะสมอ้างอิงที่เป็น
แถบสีเทา ของโคตัวที่ 4

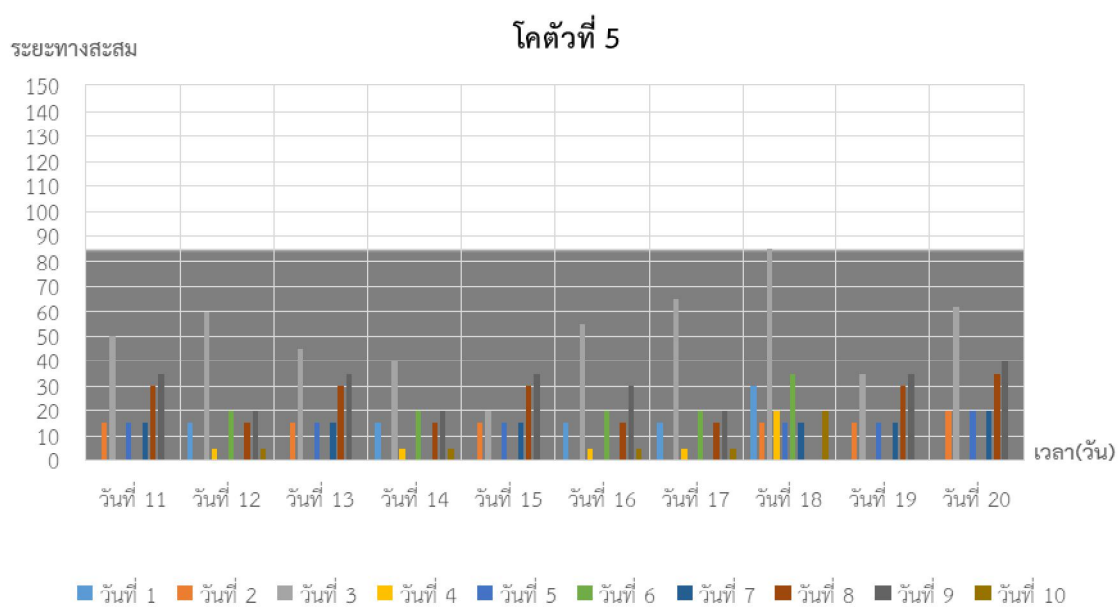
4.3.5 ผลการทดลองคัดแยกความเป็นสัตว์ของโคตัวที่ 5

จากภาพประกอบ 4.29 แสดงอนุกรมเวลาปัจจุบันของโคตัวที่ 5 ช่วงวันที่ 11-20 จากกระบวนการเปรียบเทียบกับไดนามิกส์ใหม่เวอร์บปิง พบว่าผลของการเปรียบเทียบระยะทางสะสมของชุดข้อมูลของวันที่ 11 - 20 ค่าระยะทางสะสมมีค่าต่ำกว่าค่าอ้างอิง ดังภาพประกอบ 4.30 ผลลัพธ์นี้แสดงว่าในช่วงวันดังกล่าวโคมีพฤติกรรมปกติ ซึ่งถูกต้องกับการสังเกตพฤติกรรมผลด้วยคน





ภาพประกอบ 4.29 ข้อมูลอนุกรมเวลาปัจจุบันโคตัวที่ 5



ภาพประกอบ 4.30 ค่าระยะทางสะสม ตั้งแต่วันที่ 11 – 20 เปรียบเทียบกับระยะทางสะสมอ้างอิงที่เป็น
แถบสีเทา ของโคตัวที่ 5



จากผลลัพธ์การทดลองทั้ง 3 ขั้นตอน คือ การคัดแยกข้อมูลพฤติกรรมโค การหาค่าระยะทางสะสมอ้างอิงจากข้อมูลอนุกรมเวลาอ้างอิง และการคัดแยกความเป็นสัดโดยวิธีไดนามิกส์ใหม่เวอร์บปึง สามารถบอกลักษณะของพฤติกรรมของโคที่เกิดขึ้นในช่วงที่ปกติและช่วงที่เป็นสัด และการนำข้อมูลพฤติกรรมโคในแต่ละตัวในช่วงที่ปกติ มาใช้เป็นค่าอ้างอิง ทำให้สามารถวิเคราะห์ถึงพฤติกรรมต่างๆ ที่มีผลต่อความเป็นสัด ได้อย่างมีประสิทธิภาพ



บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

งานวิจัยนี้เสนอระบบการคัดแยกความเป็นสัด ด้วยการวัดความเหมือนของอนุกรมเวลาของพฤติกรรมโคโดยใช้ไดนามิกส์ไทม์วอร์ปิง โดยที่กระบวนการคัดแยกถูกแบ่งเป็นสามส่วน คือ 1) การคัดแยกพฤติกรรมโค สัญญาณความเร่งสามแกนที่สัมพันธ์กับพฤติกรรมโค ถูกนำมาคัดแยกออกเป็นสามกลุ่มคือ เดินแทะเล็มหญ้า ยืนและนอน จากนั้นเปรียบเทียบความถูกต้องกับการสังเกตด้วยคน พฤติกรรมเหล่านี้จะถูกแปลงให้อยู่ในรูปของอนุกรมเวลา 2) การหาค่าระยะทางสะสมอ้างอิง จากพฤติกรรมของโคแต่ละตัวในช่วงที่ปกติถูกเก็บเป็นฐานข้อมูลในรูปของอนุกรมเวลา ข้อมูลทั้งหมดถูกนำมาจับคู่แบบอนุกรม และเปรียบเทียบความเหมือน ผลลัพธ์ที่ได้คือกลุ่มของระยะทางสะสมอ้างอิง โดยที่ระยะทางสะสมอ้างอิงสูงสุดถูกใช้เป็นเกณฑ์ในการคัดแยกความเป็นสัดของโคแต่ละตัว และ 3) การคัดแยกความเป็นสัด ข้อมูลอนุกรมเวลาของพฤติกรรมโคในปัจจุบันถูกนำไปเปรียบเทียบความเหมือนกับอนุกรมเวลาของฐานข้อมูลแต่ละชุด ผลลัพธ์คือกลุ่มของระยะทางสะสม ถ้าระยะทางสะสมเหล่านี้มากกว่าค่าระยะทางสะสมอ้างอิง แสดงว่าโคมีพฤติกรรมเริ่มเป็นสัด

จากการทดสอบเพื่อยืนยันความถูกต้องของระบบที่เสนอ แบ่งเป็นสามส่วนคือ 1) กระบวนการคัดแยกพฤติกรรม ระบบสามารถให้ค่าความถูกต้องของแต่ละพฤติกรรมของโคทั้ง 5 ตัวโดยเฉลี่ย ได้ดังนี้คือ พฤติกรรมเดินแทะเล็มหญ้า 99% พฤติกรรมการยืน 94 % และพฤติกรรมการนอน 94% 2) การวัดความถูกต้องของกระบวนการคัดแยกความเป็นสัด จากข้อมูลอนุกรมเวลาของพฤติกรรมโคที่ใช้อ้างอิงความเหมือน ถูกจัดเก็บเป็นเวลา 10 วัน ผลลัพธ์จากค่าระยะทางสะสมอ้างอิงของโคแต่ละตัวคือ โคตัวที่ 1 มีค่า 31, โคตัวที่ 2 มีค่า 25, โคตัวที่ 3 มีค่า 20, โคตัวที่ 4 มีค่า 25 และโคตัวที่ 5 มีค่า 85 และ 3) กระบวนการคัดแยกความเป็นสัด โดยนำข้อมูลอนุกรมเวลาของพฤติกรรมปัจจุบัน ในแต่ละวัน ตั้งแต่วันที่ 11-20 เปรียบเทียบความเหมือนกับวันที่ 1-10 ผลลัพธ์จากการวัดค่าสูงสุดของระยะทางสะสมอ้างอิงของโคแต่ละตัว พบว่า โคที่มีค่าระยะทางสะสมสูงเกินกว่าค่าสูงสุดคือโคตัวที่ 1 ในวันที่ 16, 20 จากการสังเกตพฤติกรรมโคในวันที่ 16 โคจะนอนมากกว่าทุกวัน นี่เป็นเพราะโคเป็นไข้ อย่างไรก็ตามจากผลของระบบการคัดแยกความเป็นสัด สรุปได้ว่าโคเป็นสัดในวันที่ 20 ซึ่งถูกต้องกับการสังเกตพฤติกรรมผลด้วยคน โคตัวที่ 2 จากการสังเกตพฤติกรรมโคมีพฤติกรรมการยืนมากกว่าทุกวัน สอดคล้องกับพฤติกรรมการเป็นสัด โคจะมีพฤติกรรมยืนมาก สรุปได้ว่าในวันที่ 15 โคเป็นสัด โคตัวที่ 3 ในวันที่ 17 จากการสังเกตโคมีพฤติกรรมการเดินมากกว่าทุกวัน พฤติกรรมเหล่านี้แสดงว่าโคอยู่ในช่วงเริ่มเป็นสัด และโคตัวที่ 4 ในวันที่ 17 จากการสังเกตโคมีพฤติกรรมการยืนมากกว่า



ทุกวัน ซึ่งตรงกับทฤษฎีการเป็นสัดของโค ช่วงเป็นสัดโคจะมีพฤติกรรมยืนมาก [12] ส่วนโคตัวที่ 5 มีค่าระยะทางสะสมไม่สูงเกินค่าสูงสุด ข้อมูลในลักษณะนี้สามารถบ่งชี้ได้ว่า โคมีพฤติกรรมปกติ จากผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่า วิธีไดนามิกส์ไทม์วอร์ปิงมีความเหมาะสมในการเปรียบเทียบความคล้ายคลึงของข้อมูลอนุกรมเวลาทั้งสอง เพื่อใช้ในการคัดแยกความเป็นสัดของโค

5.2 อภิปรายผล

จากผลการวิจัยการคัดแยกความเป็นสัดของโคโดยใช้วิธีไดนามิกส์ไทม์วอร์ปิง พบว่าผลลัพธ์ที่ได้จากส่วนที่ 1 การคัดแยกพฤติกรรมของโค เมื่อนำเอาข้อมูลที่ได้จากระบบสมองกลฝังตัวที่นำเสนอมาเปรียบเทียบกับ การสังเกตโดยผู้เลี้ยงยังมีความคลาดเคลื่อนของเวลาของแต่ละพฤติกรรม เนื่องจากข้อมูลพฤติกรรมของโคที่รับทุกๆ 1 นาทีนั้น โปรแกรมจะพิจารณาเป็นชุดข้อมูลพฤติกรรม ถึงจะแสดงออกมาเป็น 1 ข้อมูลเวลาพฤติกรรม ทำให้การคัดแยกข้อมูลพฤติกรรมของโค เกิดความคลาดเคลื่อน และส่วนที่ 2 การคัดแยกความเป็นสัดของโคโดยใช้วิธีไดนามิกส์ไทม์วอร์ปิง ข้อมูลจากการเปรียบเทียบความคล้ายคลึงของข้อมูลอนุกรมเวลาอ้างอิงและอนุกรมเวลาปัจจุบัน สามารถที่จะบอกสถานะของพฤติกรรมของโคได้เบื้องต้น อย่างไรก็ตามการคัดแยกความเป็นสัดต้องอาศัยการสังเกตจากผู้เลี้ยงประกอบกับข้อมูลที่ได้จากการคัดแยกความเป็นสัดเพื่อให้ผู้เลี้ยงสามารถเข้าถึงโคที่เริ่มเป็นสัดได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5.3 ข้อเสนอแนะ

การคัดแยกความเป็นสัดของโคโดยไดนามิกส์ไทม์วอร์ปิง สามารถเปรียบเทียบข้อมูลที่เป็นลักษณะคาบเวลาได้ดีและมีความยืดหยุ่นสูง ทำให้การคัดแยกข้อมูลที่มีจำนวนมากแต่มีความคล้ายคลึงกันสามารถที่จะบ่งบอกความถูกต้องของข้อมูลนั้นๆได้ อย่างไรก็ตามในงานวิจัยนี้ยังมีข้อด้อยที่ต้องพัฒนาดังนี้

1. จำนวนข้อมูลอนุกรมเวลาอ้างอิงยังมีจำนวนน้อยในการเปรียบเทียบกับไดนามิกส์ไทม์วอร์ปิง ถ้ามีข้อมูลในการเปรียบเทียบมากยิ่งขึ้นจะทำให้ข้อมูลเกิดความแม่นยำมากขึ้น
2. เซนเซอร์ที่ใช้ในการทดลองนั้นให้ข้อมูลเป็นอนาล็อกซึ่งข้อมูลนั้นจะแปรผันตามแหล่งที่มาซึ่งสามารถส่งผลถึงความผิดพลาดของข้อมูลที่ได้รับเข้ามาได้



เอกสารอ้างอิง



เอกสารอ้างอิง

- [1] Coleman, D. A. “Detecting estrus in dairy cattle”, Alabama Cooperative Extension Service, Auburn Univ, 1993.
- [2] Michael W. DuPonte, “The Basics of Heat (Estrus) Detection in Cattle”, Livestock Management, 2007.
- [3] George Perry, “Detection of Standing Estrus in Cattle”, Extension Beef Reproduction and Management Specialist Animal and Range Sciences Department, 2004.
- [4] Leandro Ferreira, Tadayuki Yanagi, Jr, Irenilza A Nääs, Marcos Aurélio, “Development of Algorithm Using Fuzzy Logic to Predict Estrus in Dairy Cows : Part I”, Agricultural Engineering International: CIGR Journal, Volume IX, 2007.
- [5] J.E McGowan, C.R. Burke and J.G. Jago, (2007) “Validation of a Technology for Objective Measuring Behavior in Dairy Cows and ITS Application for Oestrous Detection”, Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production, 2007;Vol. 67
- [6] P. Løvendahl, M.G.G. Chagunda, (2010) “On the use of physical activity monitoring for estrus detection in dairy cows”, Journal of Dairy Science, 2010 ; Volume 93, Issue 1 : pp 249 - 259
- [7] Hossein Abootorabi Zarchi, Ragnar I. Jonsson and Mogens Blanke. “Improving Oestrus Detection in Dairy Cows by Combining Statistical Detection with Fuzzy Logic Classification”, Sci. agric. (Piracicaba, Braz.), 2010 ; vol.67 no.5
- [8] [R. Jónsson](#), [M. Blanke](#), [N.K. Poulsen](#), [F. Caponetti](#), [S. Højsgaard](#), (2011) “Oestrus detection in dairy cows from activity and lying data using on-line individual models”, [Computers and Electronics in Agriculture Volume 76, Issue 1](#), pp 6–15.
- [9] Ling Yin, Tiansheng Hong and Caixing Liu. “Estrus Detection in Dairy Cows from Acceleration Data using Self-learning Classification Models”, Journal of Computers, 2013 ; Vol 8, No 10
- [10] Sebastián R. Vanrell, José O. Chelotti, Julio R. Galli, Hugo L. Rufiner and Diego H. Milone. “3d acceleration for heat detection in dairy cows”, Congreso Argentino de AgroInformática, 2014.



- [11] กองผสมเทียม กรมปศุสัตว์. “คู่มือฝึกอบรมการผสมเทียมโค”. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย ; 2546.
- [12] พรรณพิไล เสกสิทธิ์. “เทคโนโลยีการผสมเทียมและปัญหาการสืบพันธุ์ปศุสัตว์”. กรุงเทพฯ : สำนักเทคโนโลยีชีวภาพการผลิตปศุสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ; 2548
- [13] สัตวแพทยสภา. “การผสมเทียมโค”. การฝึกอบรมการผสมเทียมโคภายใต้ โครงการส่งเสริมการเลี้ยงโคเนื้อล้านครอบครัว กรมปศุสัตว์ ; 2548.
- [14] ธรดล รัตนวงศ์. “การประยุกต์ใช้เซนเซอร์ความเร่งสำหรับสังเกตพฤติกรรมโค” [วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต]. มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยมหาสารคาม; 2557.
- [15] Keogh, E., Chakrabarti, K., Pazzani, M., and Mehrotra, S. “Dimensionality Reduction for Fast Similarity Search in Large Time Series Databases”, Knowledge and Information Systems 3, 2001 : pp. 263–286.
- [16] Keogh, E., Celly, B., Ratanamahatana, C.A., and Zordan, V.B. “A novel Technique for indexing video surveillance data”, 1st ACM SIGMM international Workshop on Video surveillance, 2003 : pp. 98–106.
- [17] Keogh, E., Palpanas, T., Zordan, V.B., Gunopulos, D., and Cardle, M. “Indexing Large Human-Motion Databases”, Proceedings of 30th VLDB Conference, 2004.
- [18] Keogh, E., and Ratanamahatana, C.A. “Exact indexing of dynamic time warping”, Knowledge and Information Systems (KAIS) 7, 2005 : pp. 358–386.
- [19] Ratanamahatana, C.A., and Keogh, E.J. “Everything you know about Dynamic time warping is wrong”, 3rd Workshop on Mining Temporal and Sequential Data in conjunction with 10th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining (KDD-2004), Seattle, WA, USA.
- [20] D. Berndt and J. Clifford. “Using Dynamic Time Warping to Find Patterns in Time Series,” in Proceedings of AAAI Workshop on Knowledge Discovery in Databases, 1994 : pp. 359-370
- [21] Zhu, Y., and Shasha, D. “Warping Indexes with Envelope Transforms for Query by Humming”, Proceedings of the 2003 ACM SIGMOD International Conference on Management of data, 2003 : pp. 181–192.



ภาคผนวก



การติดตั้งระบบสมองกลฝังตัว



1. การติดตั้งระบบสมองกลฝังตัวในโคในพฤติกรรมต่างๆ และเก็บข้อมูลพฤติกรรมต่างๆ ของโค



(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

ภาพประกอบ ภาคผนวก 1 พฤติกรรมต่างๆของโคขณะติดตั้งระบบสมองกลฝังตัว
(ก) พฤติกรรมการเดิน, (ข) พฤติกรรมยืน, (ค) พฤติกรรมการนอนตะแคงด้านขวา,
(ง) พฤติกรรมการนอนตะแคงด้านซ้าย



ภาพประกอบ ภาคผนวก 2 เก็บข้อมูลพฤติกรรมต่างๆของโค

ประวัติย่อผู้วิจัย



ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ นามสกุล	นายรัฐพล ดุลยะลา
วัน เดือน ปีเกิด	วันที่ 11 พฤษภาคม พ.ศ. 2525
จังหวัด และประเทศที่เกิด	จังหวัดมหาสารคาม ประเทศไทย
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2560 ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต (ปร.ด.) สาขาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พ.ศ. 2549 ปริญญามหาบัณฑิต (คอ.ม.) สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี พ.ศ. 2547 ปริญญามหาบัณฑิต (คอ.บ.) สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีปทุมวัน พ.ศ. 2545 ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) สาขาไฟฟ้า วิทยาลัยเทคนิคมหาสารคาม พ.ศ. 2543 ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) สาขาไฟฟ้า วิทยาลัยเทคนิคมหาสารคาม
ตำแหน่ง สถานที่ทำงาน ที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้	อาจารย์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์ ถนนอินใจมี ตำบลท่าอิฐ อำเภอเมือง จังหวัดอุดรดิตถ์ 53000

รางวัลเรียนดี ทุนวิจัย และทุนการศึกษา

ได้ทุนสนับสนุนการศึกษาจากมหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์

ผลงานวิจัย

1. Dulyala R, Kuankid S, Rattanawong T, Aurasopon A, editors. Classification system for estrus behavior of cow using an accelerometer. Asia-Pacific Signal and Information Processing Association, 2014 Annual Summit and Conference (APSIPA); 2014: IEEE.

2. รัฐพล ดุลยะลา, วันไชย คำเสน, ก้องภพ ชาอามาตย์, วิจิตรา อีสแตม, วรวัฒน์ เสี่ยงมวิบูล, อภินันท์ อูไรโสภณ. เซ็นเซอร์วัดหัวเข่าสำหรับการตรวจสอบพฤติกรรมของโค. การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 13 ; 2012 : TSAE.

