การคัดแยกพฤติกรรมโคโดยไดนามิกส์ไทม์วอร์ปปิง

Classification of Cattle Behavior using Dynamic Time Warping

กฤตานน ประเทพา,[1] อภินันท์ อุรโสภณ,[2]

Krittanon Prathepha,[1]Apinan Aurasopon,[2]

Received: 26 January 2017 ; Accepted: 28 March 2017

บทคัดย่อ

การพัฒนาเครื่องมือสำหรับติดตามพฤติกรรมของโคเพื่อช่วยเกษตรกรผู้เลี้ยงในกรณีที่โคมีจำนวนมากหรือดูแลไม่ทั่วถึงมีอยู่หลายวิธี แต่มีข้อจำกัดทางด้านเทคนิคหรือวิธีการคัดแยกพฤติกรรม งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบอัลกอริทึมใช้คัดแยกพฤติกรรมโคด้วยวิธีไดนามิกส์ไทม์วอร์ปปิง โดยการนำสัญญาณเซนเซอร์ความเร่งที่สัมพันธ์กับการเคลื่อนไหวของโคติดตั้งบนตัวโคเปรียบเทียบกับสัญญาณอ้างอิงของแต่ละพฤติกรรม ประกอบด้วยพฤติกรรมยืนนิ่ง นอน เดิน และกินหญ้า ข้อมูลที่ได้จากการทดลองเพื่อใช้ในการคัดแยกคือนำสัญญาณความเร่งในขณะโคเคลื่อนไหว เปรียบเทียบความเหมือนกับฐานข้อมูลของแต่ละพฤติกรรม คะแนนระยะทางสะสมที่น้อยที่สุด ถูกใช้เป็นตัวบ่งชี้กลุ่มพฤติกรรม เพื่อจะได้ค่าความเที่ยงตรงสูงสุดในการจำแนกพฤติกรรมโคของระบบที่พัฒนาขึ้น ผลการทดลองด้วยระบบการคัดแยกพฤติกรรมของโคเมื่อเปรียบเทียบกับการสังเกตด้วยคน พบว่าค่าความเที่ยงตรงสูงสุดของการคัดแยกพฤติกรรมยืนนิ่ง 100% นอน 100% เดิน 99% และกินหญ้า 99%

คำสำคัญ: เซนเซอร์วัดความเร่ง การสังเกตพฤติกรรมโค ไดนามิกส์ไทม์วอร์ปปิง

Abstract

There are many ways to develop tools that are designed to help farmers monitor cattle behavior fulltime. Existing tools however, are limited in their ability due to technical issues and/or inaccurate classification methods. This research aimed to develop a classification algorithm by using dynamic time warping to collect the accelerometer signal, which is related to cattle movement, and compare it with a reference signal of each behavior: standing, lying, walking and grazing. The data were the group of scores.The lowest one will specify each cattle behavior which is compared with human observation. The results of the experiment showed the maximum accuracy of each behavior, including standing, lying, walking and grazing was 100%, 100%, 99% and 99%, respectively.

Keywords: accelerometer, cattle behaviorobservation, dynamic time warping

บทนำ

โคเป็นสัตว์เศรษฐกิจปัจจุบันมีฟาร์มจำนวนมาก เลี้ยงเพื่อจำหน่ายเนื้อและน้ำนม เพื่อให้ผลผลิตของเนื้อและน้ำนมโคมีคุณภาพ เกษตรกรจึงให้ความสำคัญเป็นอย่างมากต่อการเลี้ยงและดูแลสุขภาพโค[1] โดยทั่วไปการเลี้ยงโคมีอยู่สองลักษณะคือการเลี้ยงแบบยืนโรง และการเลี้ยงแบบปล่อยทุ่ง ซึ่งการเลี้ยงแบบยืนโรงนั้นเป็นการเลี้ยงโคให้อยู่ภายในบริเวณโรงเรือนทำให้ผู้เลี้ยงสามารถดูแลสุขภาพโคได้ทั่วถึงเมื่อโคเกิดอาการเจ็บป่วยเกษตรกรสามารถวินิจฉัยและคัดแยกออกมาได้ทันท่วงที เพื่อป้องกันการแพร่กระจายเชื้อโรค แต่การเลี้ยงในลักษณะนี้เกษตรกรต้องใช้ต้นทุนสูงทำให้เกษตรกรส่วนหนึ่งนิยมเลี้ยงโคแบบปล่อยทุ่ง โดยที่เกษตรกรปล่อยโคลงแปลงเพื่อให้โคกินหญ้า การเลี้ยงรูปแบบนี้ ทำให้โคได้ออกกำลังกายมีสุขภาพแข็งแรง อย่างไรก็ตาม กรณีเลี้ยงโคจำนวนมาก เมื่อ

[1] *นิสิตปริญญาโท, [2]รองศาสตราจารย์, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150, Email : shadow_keizer@hotmail.com.*

[1] *Master degree, [2]Assoc. Prof., Faculty of Engineering, Mahasarakham University, Kantharawichai District, Mahasarakham 44150, Thailand, Email: shadow_keizer@hotmail.com.*

โคมีอาการผิดปกติ เกษตรกรไม่สามารถทราบได้ทันท่วงที ทำให้เกิดความล่าช้าในการรักษา โคอาจจะตายและสูญเสียรายได้ทางเศรษฐกิจ[2,3]

การสังเกตสุขภาพโคแบ่งออกเป็นสองวิธี วิธีที่หนึ่งคือโคมีจำนวนจำกัดดูแลทั่วถึง เกษตรกรใช้การสังเกตทางด้านสรีระ เช่นผิวหนัง ตา หู จมูก ปาก กีบเท้ารวมถึงอุณหภูมิและอัตราการเต้นของหัวใจ เกษตรกรต้องอาศัยความรู้และความชำนาญการวินิจฉัยโรคส่วนวิธีที่สองคือ โคมีจำนวนมาก เกษตรกรใช้การสังเกตพฤติกรรมของโค โดยสังเกตระยะเวลาของแต่ละพฤติกรรม สำหรับวินิจฉัยสุขภาพโค ซึ่งพื้นฐานการดำรงชีวิตของโคประกอบด้วยสี่พฤติกรรมคือ การยืน การเดิน การนอน และการกินหญ้าเมื่อโคเกิดความผิดปกติทางพฤติกรรม เช่น เมื่อปล่อยแปลงจะยืนนิ่งหรือนอนใต้ต้นไม้ตลอดเวลา โดยไม่กินหญ้าและเคี้ยวเอื้องปัสสาวะมีสีเหลืองเข้มหรือมีเลือดปน อุจจาระเหลว เหล่านี้ทำให้เกษตรกรทราบถึงความผิดปกติที่เกิดขึ้นกับโค และนำมาใช้เป็นข้อมูลดูแลสุขภาพเบื้องต้นได้[4]

เพื่อช่วยเหลือเกษตรกรในการสังเกตระยะเวลาของพฤติกรรมโคดังนั้นงานวิจัย[5-12]จึงพัฒนานำเซนเซอร์ความเร่งวัดการเคลื่อนไหวของโค ซึ่งถูกติดตั้งที่ขา และคอ สัญญาณของเซนเซอร์ความเร่งถูกส่งไปยังคอมพิวเตอร์สำหรับคัดแยกพฤติกรรม ถึงแม้ว่าผลการคัดแยกมีความแม่นยำสูง ในกรณีติดเซนเซอร์ความเร่งที่ขา แต่ในทางปฏิบัติเป็นไปได้ยาก ในขณะที่เซนเซอร์ความเร่งติดที่คอโคนั้น สามารถใช้งานได้จริง แต่เนื่องด้วยสัญญาณของเซนเซอร์ความเร่งในแต่ละพฤติกรรมมีความคล้ายคลึงกันมาก นี้ทำให้ยากต่อการคัดแยก ดังนั้นงานวิจัย[9-10] จึงใช้โครงข่ายประสาทเทียม (Neural network) ถึงแม้ว่าความถูกต้องของผลการคัดแยกสูง ระบบต้องการข้อมูลของเซนเซอร์ความเร่งที่สัมพันธ์กับพฤติกรรมโคจำนวนมากสำหรับสอนโครงข่ายประสาทเทียม งานวิจัย[11] ใช้ระดับแรงดันของแต่ละแกนเป็นอินพุทของกระบวนตัดสินใจต้นไม้ (Decision tree) อย่างไรก็ตาม ค่าอ้างอิงที่ใช้ในกระบวนการคัดแยกของโคแต่ละตัวมีระดับที่แตกต่างกัน ซึ่งในทางปฏิบัติเป็นไปได้ยากที่จะใช้ค่าอ้างอิงเพียงชุดเดียว งานวิจัย[11] ใช้สัญญาณเซนเซอร์ความเร่งที่สัมพันธ์กับพฤติกรรม เก็บเป็นฐานข้อมูล ใช้สำหรับเปรียบเทียบกับสัญญาณเซนเซอร์ความเร่งที่ต้องการคัดแยก โดยใช้วิธีการเปรียบเทียบสัญญาณด้วยไดนามิกส์ไทม์วอร์ปปิง(Dynamic Time Warping) อย่างไรก็ตามงานวิจัยนี้คัดแยกกลุ่มพฤติกรรมโคออกเป็นสามกลุ่มเท่านั้นคือ เดินแทะเล็มหญ้า ยืน และนอน วิธีการนี้อาจทำให้เกิดการคลาดเคลื่อน ในกรณีต้องการรู้ปริมาณการกินหญ้าซึ่งมีผลต่อการทำนายสุขภาพโค[12]

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงเสนอการคัดแยกพฤติกรรมโค ออกเป็นสี่กลุ่มคือ ยืนนิ่ง เดิน นอนและกินหญ้า โดยใช้หลักการเปรียบเทียบสัญญาณด้วยวิธีไดนามิกส์ไทม์วอร์ปปิง โดยที่ผู้เขียนจะได้อธิบายรายละเอียดตามหัวข้อดังนี้การติดตั้งและการเก็บสัญญาณเซนเซอร์ความเร่งสามแกน วิธีการไดนามิกส์ไทม์วอร์ปปิง การเก็บฐานข้อมูลของแต่ละพฤติกรรม ผลการทดสอบกับโค และสรุปผลการทดลอง

เครื่องมือและวิธีการคัดแยก

การติดตั้งและการวัดสัญญาณความเร่ง

Figure 1 แสดงตำแหน่งติดตั้งระบบสมองกลฝังตัวถูกติดบริเวณด้านข้างของคอโค โดยที่สามารถติดตั้งได้ทั้งคอด้านซ้ายและขวาแกน X ทำมุมขนานกับลำตัวโค แกน Y ทำมุมตั้งฉากกับตัวโค และแกน Z ทำมุมพุ่งออกจากตัวโคดังแสดงทิศทางตามรูป โดยที่แกน X และแกน Y วัดการการผงกหัวของโค ในขณะที่แกน Y และแกน Z วัดการหมุนของคอ

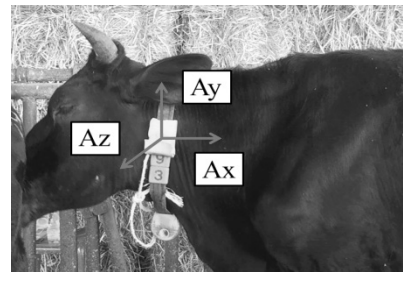

Figure 1 Installation of embedded system

สัญญาณเซนเซอร์ความเร่งที่สัมพันธ์กับการเคลื่อนไหวของโคถูกส่งผ่านเครือข่ายสื่อสารไร้สาย ทุกวินาที ไปยังคอมพิวเตอร์และถูกคำนวณเป็นเวกเตอร์ตามสมการ

$$S_r = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} \quad (1)$$

โดยที่ S_r คือ เวกเตอร์อนุกรมเวลาของสัญญาณเซนเซอร์ความเร่งสามแกน เวกเตอร์นี้จะถูกนำไปเปรียบเทียบความเหมือนกับเวกเตอร์อ้างอิงของแต่ละกลุ่มพฤติกรรม ผลลัพธ์คือคะแนนน้อยที่สุดถูกใช้เป็นตัวบ่งชี้กลุ่มพฤติกรรม

ไดนามิกส์ไทม์วอร์ปปิงสำหรับคัดแยกพฤติกรรม

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือการคัดแยกพฤติกรรมโคออกเป็นสี่กลุ่มคือ ยืนนิ่ง เดิน นอน และกินหญ้า สัญญาณความเร่งที่สัมพันธ์กับพฤติกรรมถูกรวบรวมเป็นฐานข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบความเหมือนกับสัญญาณความเร่งของการเคลื่อนไหวโค การเปรียบเทียบความเหมือนระหว่างสอง

สัญญาณ สามารถทำได้โดยวิธีการวัดระยะทางแบบยุคลิด (Euclidean distance) คือการวัดความแตกต่างของสัญญาณทั้งสองโดยที่คะแนนความเหมือน (Similarity score) คือรากกำลังสองของผลรวมของความแตกต่างระหว่างจุดต่อจุด

$$d(a,b)\sqrt{\sum_i^n(a_i-b_i)^2} \quad (2)$$

อย่างไรก็ตาม ผลลัพธ์คะแนนความเหมือนที่ได้มีความคลาดเคลื่อนสูง ในกรณีที่สัญญาณทั้งสองมีเฟสต่างกันและจำนวนจุดไม่เท่ากัน

ไดนามิกส์ไทม์วอร์ปปิง[13] เป็นขั้นตอนวิธีสำหรับการเปรียบเทียบเหมือนของอนุกรมเวลาที่มีความแตกต่างกันในด้านเวลาหรือความเร็ว เช่น รูปแบบการเดินของคนๆ หนึ่งจะถูกนับว่ามีความคล้าย ไม่ว่าคนๆนั้นจะเดินอย่างรวดเร็ว เดินอย่างเชื่องช้า หรือแม้แต่เดินด้วยความเร่ง เมื่อพิจารณาจากผู้สังเกตเดียวกัน ซึ่งไดนามิกส์ไทม์วอร์ปปิงสามารถนำไปประยุกต์ได้กับวิดีโอ เสียง และภาพ รวมไปถึงข้อมูลต่างๆที่สามารถแปลงให้อยู่ในรูปของข้อมูลเชิงเส้นได้ ตัวอย่างหนึ่งของการประยุกต์ขั้นตอนวิธีนี้ไปใช้คือ การรู้จำคำพูด โดยใช้ไดนามิกส์ไทม์วอร์ปปิง เพื่อจัดการกับคำพูดที่มีความเร็วไม่เท่ากัน แม้จะสื่อความหมายเดียวกัน จากจุดเด่นดังกล่าว งานวิจัยนี้จึงประยุกต์ใช้สำหรับการวัดความเหมือนของสัญญาณความเร่ง ซึ่งสัญญาณทั้งคู่อาจมีแตกต่างในแง่ความเร็วสมมุติมีอนุกรมเวลาสองชุด *A* และ *B* ที่มีความยาว *N* และ *M*

$$B = b_1, b_2, \dots, b_j \dots b_M \quad (3)$$

ขั้นตอนเริ่มต้นเมตริกซ์ต้นทุนเฉพาะส่วน (Local cost matrix) ถูกสร้างขึ้น โดยที่แต่ละเซลล์ของเมตริกซ์คำนวณได้ตามสมการที่ (4)

$$d(i,j) = \sqrt{(a_i-b_j)^2} \quad (4)$$

เซลล์แต่ละเซลล์ของเมตริกซ์ d คือ คะแนนความเหมือนกันระหว่างจุด i และ j ของ A และ B ซึ่งหมายถึงแต่ละจุดของ A ถูกจับคู่กับทุกจุดของ B ในการวัดความเหมือน

หลังจากคำนวณเมตริกซ์ต้นทุนเฉพาะส่วน d ขั้นตอนที่สองคือคำนวณเมตริกซ์ต้นทุนสะสม D ดังสมการที่ (5)

$$D(i,j) = d(i,j) + \min\{D(i-1,j-1), D(i,j-1), D(i-1,j)\}$$
$$i \in N, j \in M \quad (5)$$

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

ขั้นตอนสุดท้ายคือการหาเส้นทางบิดเบือน (Warp path) ซึ่งคือเส้นทางที่สั้นที่สุดของเมตริกซ์ต้นทุนสะสม D จาก (N,M) ถึง $(1,1)$ โดยใช้หลักการค้นหาค่าความเหมือนของเซลล์จากแนวตั้ง แนวนอน และแนวทแยง Figure 2 แสดงเมตริกซ์ต้นทุนสะสม D และเส้นทางบิดเบือน โดยที่แกนตั้งคือฐานข้อมูลความเร่งที่สัมพันธ์กับพฤติกรรมโค และแกนนอนคือข้อมูลความเร่งของการเคลื่อนไหวโคที่ต้องการคัดแยกพฤติกรรม ในขณะที่คะแนนความเหมือน หรือระยะทางสะสม (Accumulated distance) หาได้จากเซลล์ (N,M) ของเมตริกซ์ D ซึ่งเป็นคะแนนที่เราใช้สำหรับคัดแยกพฤติกรรม

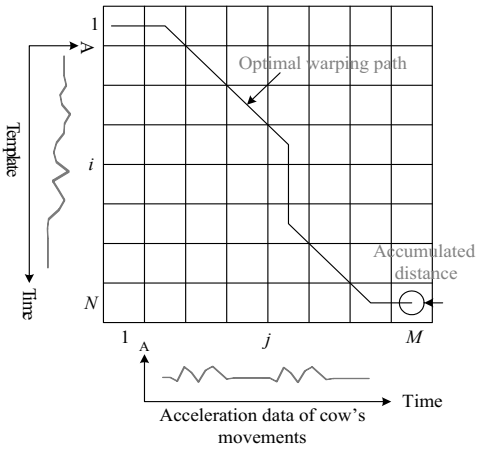

Figure 2 Accumulated cost matrix

กระบวนการคัดแยก

หลักการคัดแยกคือนำสัญญาณความเร่งในขณะโคเคลื่อนไหว เปรียบเทียบความเหมือนกับฐานข้อมูลของแต่ละกลุ่มพฤติกรรม คะแนนระยะทางสะสมที่น้อยที่สุด ถูกใช้เป็นตัวบ่งชี้กลุ่มพฤติกรรม

ฐานข้อมูล

ในแต่ละพฤติกรรม โคอาจมีการเคลื่อนไหวที่แตกต่างกัน เช่น โคยืน บางครั้งอาจผงกศีรษะ บางครั้งอาจเคี้ยวเอื้อง หรือบางครั้งอาจส่ายหัว ในขณะโคกินหญ้า โคอาจกินหญ้าแล้วหยุดเงยหน้าขึ้น หรือในขณะโคนอน อาจส่ายหัว หรือเคี้ยวเอื้องเป็นต้น ดังนั้นเพื่อความแม่นยำของผลการคัดแยก การเก็บสัญญาณความเร่งที่สัมพันธ์กับพฤติกรรมโคจึงควรครอบคลุมทุกอริยาบถของโค สำหรับใช้เป็นฐานข้อมูล

Figure 3 แสดงสัญญาณความเร่งที่สัมพันธ์กับแต่ละพฤติกรรม โดยที่แต่ละพฤติกรรมประกอบด้วย 10 ท่วงท่า และ

คาบเวลาของแต่ละท่วงท่ามากกว่า 30 วินาที Figure 3(a) แสดงสัญญาณความเร่ง ในขณะโคยืนนิ่ง โดยที่ data 1สัมพันธ์กับโคยืนนิ่งพร้อมกับส่ายหัวเล็กน้อย data 2 และ data 3 โคนอนแล้วเปลี่ยนท่าเป็นยืนนิ่ง data 4 และ data 5 โคยืนนิ่งแล้วเปลี่ยนท่าเป็นนอน data 6 โคเดินยืนนิ่งแล้วเปลี่ยนท่าเป็นเดิน data 7โคเดินแล้วเปลี่ยนท่าเป็นยืนนิ่ง data 8 โคยืนนิ่งแล้วเปลี่ยนท่าเป็นกินหญ้า data 9 โคกินหญ้าแล้วเปลี่ยนท่าเป็นยืนนิ่ง และ data 10 โคกินหญ้าเปลี่ยนท่าเป็นยืนนิ่งแล้วเปลี่ยนท่าเป็นกินหญ้าอีกครั้ง Figure 3(b) แสดงพฤติกรรมโคในขณะนอน โดยที่ data 1 โคกำลังนอน data 2 และ data 3 โคยืนนิ่งแล้วเปลี่ยนท่าเป็นนอน data 4 และ data 5 โคนอนแล้วเปลี่ยนท่าเป็นยืนนิ่ง data 6 และ data 7 โคเดินแล้วเปลี่ยนท่าเป็นนอน data 8 และ data 9 โคนอนแล้วเปลี่ยนท่าเป็นเดิน และ data 10 โคยืนนิ่งเปลี่ยนท่าเป็นนอนแล้วเปลี่ยนท่าเป็นยืนนิ่งอีกครั้ง Figure 3(c) แสดงพฤติกรรมโคในขณะเดิน data 1 โคกำลังเดิน data 2 และ data 3 โคเดินแล้วเปลี่ยนท่าเป็นยืนนิ่ง data 4 และ data 5 โคยืนนิ่งแล้วเปลี่ยนท่าเป็นเดิน data 6 และ data 7 โคเดินแล้วเปลี่ยนท่าเป็นนอน data 8 และ data 9 โคนอนแล้วเปลี่ยนท่าเป็นเดิน และ data 10 โคยืนนิ่งเปลี่ยนท่าเป็นเดินแล้วเปลี่ยนท่าเป็นยืนนิ่งอีกครั้ง Figure 3(d) แสดงพฤติกรรมโคในขณะกินหญ้า data 1 โคกำลังกินหญ้า data 2 และ data 3 โคกินหญ้าแล้วเปลี่ยนท่าเป็นยืนนิ่ง data 4 และ data 5 โคยืนนิ่งแล้วเปลี่ยนท่าเป็นกินหญ้า data 6 โคเดินแล้วเปลี่ยนท่าเป็นกินหญ้า data 7 และ data 8 โคกินหญ้าแล้วเปลี่ยนท่าเป็นเดิน data 9 โคยืนนิ่งเปลี่ยนท่าเป็นกินหญ้าแล้วเปลี่ยนท่าเป็นยืนนิ่งอีกครั้ง data 10 โคเดินเปลี่ยนท่าเป็นกินหญ้าแล้วเปลี่ยนท่าเป็นเดินอีกครั้ง

การเลือกกลุ่มพฤติกรรม

สัญญาณความเร่งที่สัมพันธ์กับการเคลื่อนไหวของโคจำนวน 60 ข้อมูล ถูกนำมาเปรียบเทียบความเหมือนกับฐานข้อมูลของแต่ละชุดข้อมูลในแต่ละพฤติกรรม ด้วยไดนามิกส์ไทม์วอร์ปปิง ผลลัพธ์ที่ได้คือชุดคะแนนระยะทางสะสมจำนวนสี่สิบชุด ขั้นตอนสุดท้ายคือเลือกชุดข้อมูลที่ให้ค่าคะแนนระยะทางสะสมน้อยที่สุด ว่าอยู่ในฐานข้อมูลพฤติกรรมกลุ่มใดเป็นคำตอบ หมายความว่าสัญญาณความเร่งที่สัมพันธ์กับการเคลื่อนไหวของโคนั้นมีความคล้ายคลึงกับกลุ่มพฤติกรรมที่ถูกเลือกเป็นคำตอบมากที่สุด ดังแสดงผังงานใน Figure 4

การทดลอง

เพื่อยืนยันถึงความถูกต้องกระบวนการคัดแยกที่เสนอ ผู้วิจัยได้ทำการทดลองติดตั้งระบบสมองกลฝังตัวสำหรับวัดการเคลื่อนไหวของโคดังแสดงใน Figure 1 โดยที่ใช้อัตราการส่งข้อมูลทุกๆ หนึ่งวินาที ผ่านเครือข่ายสื่อสารไร้สาย ไปยังคอมพิวเตอร์ เพื่อทำการคัดแยกพฤติกรรมทุกๆ หนึ่งนาที โคจำนวนสองตัวถูกใช้สำหรับทดสอบ ผลลัพธ์การคัดแยกถูกนำเปรียบเทียบกับการสังเกตด้วยคน

Figure 5 แสดงตัวอย่างของการเปรียบเทียบสัญญาณด้วยไดนามิกส์ไทม์วอร์ปปิงในโปรแกรม MATLAB โดยที่ Figure 5(a) แสดงสัญญาณความเร่งที่ต้องการคัดแยกกับสัญญาณหนึ่งในฐานข้อมูลของกลุ่มพฤติกรรมยืนนิ่ง ผลลัพธ์ที่ได้คือเมตริซ์ต้นทุนสะสม และเส้นทางบิดเบือน ดังแสดงใน Figure 5(b) โดยที่ค่าระยะทางสะสมเท่ากับ 0.0087 ซึ่งเทียบกับระยะทางสะสมกับสัญญาณฐานข้อมูลของกลุ่มพฤติกรรมอื่น ถือว่าน้อยที่สุด ดังนั้นผลลัพธ์ของการคัดแยกคือ โคกำลังยืนนิ่ง Figure 5(c) แสดงสัญญาณความเร่งที่ต้องการคัดแยกกับสัญญาณหนึ่งในฐานข้อมูลของกลุ่มพฤติกรรมนอน ผลลัพธ์ที่ได้คือเมตริซ์ต้นทุนสะสม และเส้นทางบิดเบือน ดังแสดงใน Figure 5(d)

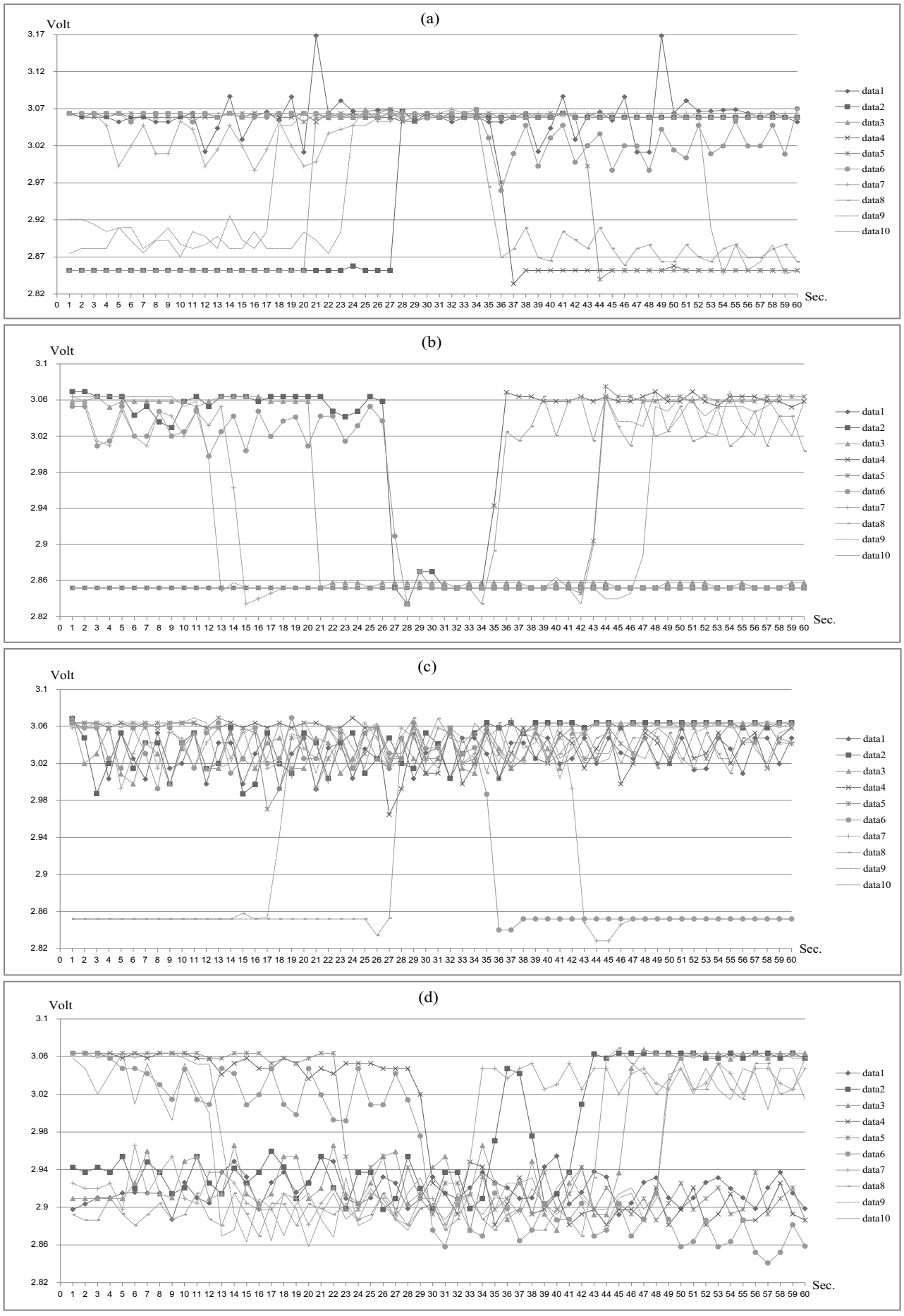

Figure 3 Templates of each behavior : Different movement patterns for (a) standing, (b) lying, (c) walking and (d) grazing.

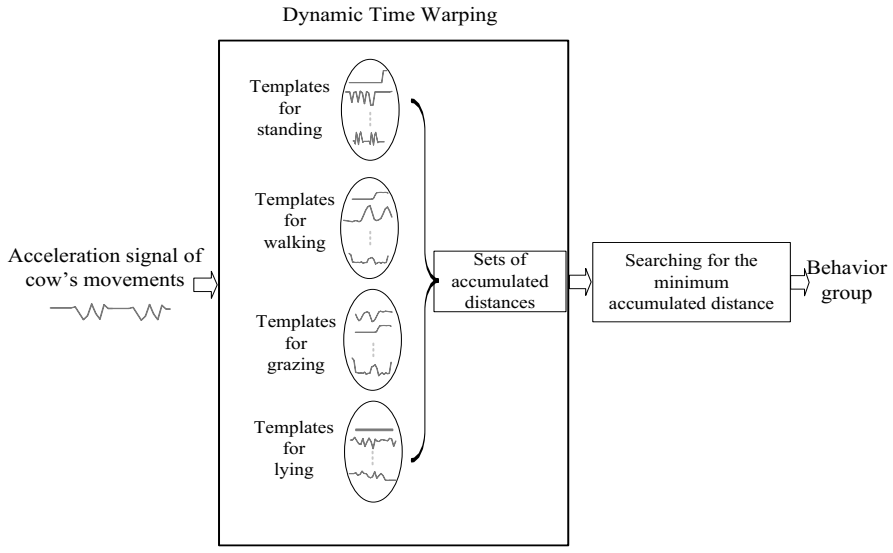

Figure 4 Processing of behavioral group selection

โดยที่ค่าระยะทางสะสมเท่ากับ 0.003 ซึ่งเทียบกับระยะทางสะสมกับสัญญาณฐานข้อมูลของกลุ่มพฤติกรรมอื่น ถือว่าน้อยที่สุด ดังนั้นผลลัพธ์ของการคัดแยกคือ โคกำลังนอน Figure 5(e) แสดงสัญญาณความเร่งที่ต้องการคัดแยกกับสัญญาณหนึ่งในฐานข้อมูลของกลุ่มพฤติกรรมเดิน ผลลัพธ์ที่ได้คือเมตริซ์ต้นทุนสะสม และเส้นทางบิดเบือน ดังแสดงใน Figure 5(f) โดยที่ค่าระยะทางสะสมเท่ากับ 0.01 ซึ่งเทียบกับระยะทางสะสมกับสัญญาณฐานข้อมูลของกลุ่มพฤติกรรมอื่น ถือว่าน้อยที่สุด ดังนั้นผลลัพธ์ของการคัดแยกคือ โคกำลังเดิน Figure 5(g) แสดงสัญญาณความเร่งที่ต้องการคัดแยกกับสัญญาณหนึ่งในฐานข้อมูลของกลุ่มพฤติกรรมกินหญ้า ผลลัพธ์ที่ได้คือเมตริซ์ต้นทุนสะสม และเส้นทางบิดเบือน ดังแสดงใน Figure 5(h) โดยที่ค่าระยะทางสะสมเท่ากับ 0.0538 ซึ่งเทียบกับระยะทางสะสมกับสัญญาณฐานข้อมูลของกลุ่มพฤติกรรมอื่น ถือว่าน้อยที่สุด ดังนั้นผลลัพธ์ของการคัดแยกคือ โคกำลังกินหญ้า

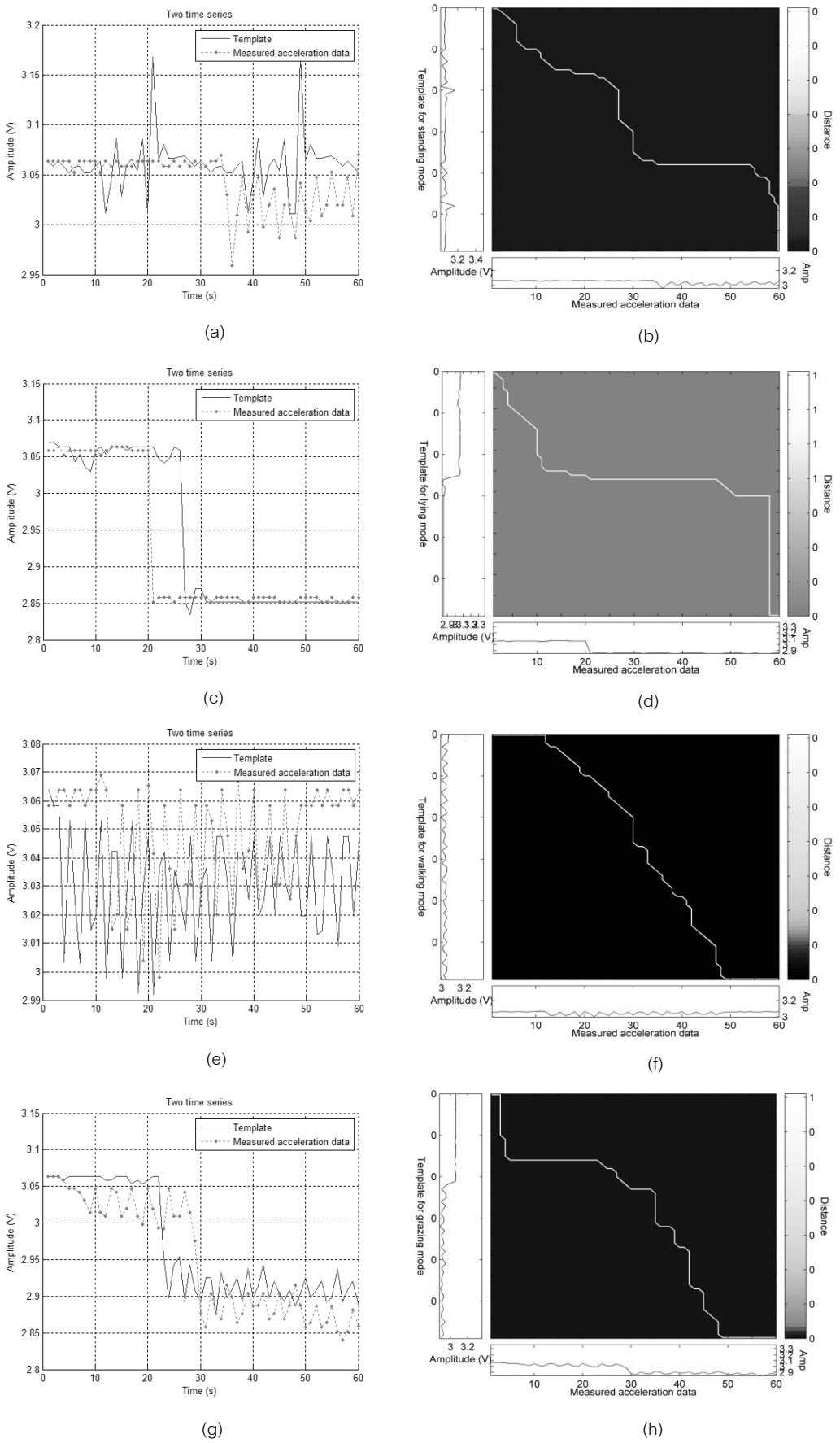

Figure 5 (a), (c), (e) and (g) Template for standing, lying, walking and grazing respectivelyand acceleration data of cow's movements. (b), (d), (f) and (h) Accumulated cost matrix and optimal warping path.

Table 1 Maximum accuracy of cattle behaviors classification system

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

ผลการวิจัย

นำเซนเซอร์ความเร่งติดที่คอของโคที่มีพฤติกรรมปกติสองตัว โดยทำการวัดพฤติกรรมและคัดแยกเป็นระยะเวลาต่อเนื่อง 6 ชั่วโมง รวมทั้งหมด 360 พฤติกรรมต่อโคหนึ่งตัว การประเมินประสิทธิภาพนั้นจะเปรียบเทียบระหว่างการสังเกตด้วยคนและระบบสมองกลฝังตัวที่นำเสนอ ซึ่งได้ผลลัพธ์ดังนี้

1) สังเกตด้วยคน

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

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

2) สังเกตด้วยระบบสมองกลฝังตัว

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

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

3) สรุปผล

คำนวณค่าความคลาดเคลื่อนของระบบสมองกลฝังตัวเปรียบเทียบกับการสังเกตด้วยคนได้ผลลัพธ์ดังนี้

โคตัวที่ 1 : มีค่าความคลาดเคลื่อนของพฤติกรรมยืนนิ่ง 0%, นอน 0% เดิน1% และกินหญ้า 1%

โคตัวที่ 2 : มีค่าความคลาดเคลื่อนของพฤติกรรมยืนนิ่ง 0%, นอน 0% เดิน 3% และกินหญ้า 2%

ความถูกต้องสูงสุดของระบบวัดพฤติกรรมโคทั้งสองตัวของพฤติกรรมยืนนิ่ง นอน เดิน และกินหญ้าเท่ากับ 100%, 100%, 99% และ 99% ตามลำดับ ดังแสดงใน Table 1

อภิปรายผล

จากการทดลองระบบที่นำเสนอนั้นพบว่ามีความคลาดเคลื่อนของพฤติกรรมเดินและกินหญ้า ซึ่งค่าสูงสุดเท่ากับ 3% และ 2% ตามลำดับ น่าจะเกิดจากตำแหน่งติดตั้งระบบสมองกลฝังตัวระหว่างโคตัวที่ 1 และ 2 มีตำแหน่งแตกต่างกันเล็กน้อย สำหรับการยืนนิ่ง และนอนนั้น ค่าความเร่งที่วัดได้มีอนุกรมเวลาคงที่และมีแอมพลิจูดที่ต่างกันอย่างชัดเจน ทำให้สามารถคัดแยกพฤติกรรมได้ถูกต้อง ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของผู้อื่น[14] ที่ได้ทดลองใช้เซนเซอร์วัดความความเร่งเฉลี่ยของแต่ละแกน โดยนำเซนเซอร์ไปติดที่ขาโค พบความคลาดเคลื่อนของการเดินแทะเล็มหญ้า ยืนและนอน คือ 2%,13% และ 7% ตามลำดับเมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยนี้ ความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ และสามารถติดตั้งระบบสมองกลฝังตัวได้ง่ายกว่ามาก

งานวิจัยนี้ใช้ระบบสมองกลฝังตัวติดตั้งกับโคที่มีพฤติกรรมปกติสองตัว สังเกตได้ว่าโคปกติจะมีระยะเวลาการยืน เดิน กินหญ้าอยู่ตลอดเวลา และจะมีระยะเวลาการนอนที่น้อยในช่วงกลางวัน ในอีกกรณี เมื่อการนำระบบฝังตัวสมองกลไปติดตั้งกับโคที่มีพฤติกรรมผิดปกติ ผลลัพธ์ที่ได้จากการคัดแยกพฤติกรรม จะมีระยะเวลาของการยืนนิ่ง นอน มากกว่าโคที่มีพฤติกรรมปกติ และไม่ค่อยกินหญ้า

งานที่จะเกิดขึ้นในอนาคต สามารถนำระบบสมองตัวฝังกลไปใช้กับฟาร์มโค และสามารถพัฒนาต่อได้ โดยนำไปสังเกตพฤติกรรมกับสัตว์อื่นๆ

สรุป

งานวิจัยนี้เสนอการคัดแยกพฤติกรรมโคโดยไดนามิกส์ไทม์วอร์ปปิงซึ่งผลการทดลองแสดงให้เห็นถึงค่าความคลาดเคลื่อนที่อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ สามารถติดตั้งระบบสมองกลฝังตัวได้ง่าย และการคัดแยกพฤติกรรมจะแสดงพฤติกรรมโคในปัจจุบัน สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการสังเกตการณ์โดยไม่ใช้คน หรือเก็บเป็นสถิติ เช่น ปริมาณการกินหญ้าต่อวัน รวมถึงตรวจสอบพฤติกรรมผิดปกติของโค เพื่อประเมินสุขภาพของโคในเบื้องต้น

กิตติกรรมประกาศ

ผู้ทำวิจัยขอขอบคุณศูนย์ถ่ายทอดเทคโนโลยีเกษตรกรรม (CTTA) มหาวิทยาลัยมหาสารคาม อ.กันทรวิชัย จ.มหาสารคาม ที่ช่วยเหลือสำหรับการทดลอง

เอกสารอ้างอิง

1. สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร.(2552). *การศึกษาระบบตลาดโคเนื้อ*. กรุงเทพ: เอกสารวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร
2. ยอดชายทองไทยนินท์, ไพโรจน์ ศิริสม, สว่างอังกุโร, จารุวัฒน์ นุตเดชานันท์.(2548). *การเลี้ยงโคเนื้อ*. กรุงเทพ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์ การเกษตรแห่งประเทศไทย
3. กรรณิกาเมฆแดง ,จิตติมากันตนามัลลกุล, อัจฉราโพธิ์ดี. (2555).การจัดการการผลิตโคเนื้อแบบขังคอกและโคเนื้อแบบปล่อยฝูง ในอำเภอเมือง จังหวัดกาญจนบุรี. *การประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาของมหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช;* วันที่ 4-5 กันยายน 2555. นนทบุรี: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
4. ยอดชายทองไทยนินท์, ไพโรจน์ ศิริสม, สว่าง อังกุโร, จารุวัฒน์ นุตเดชานันท์.(2548). การสังเกตพฤติกรรมโคป่วย.*การเลี้ยงโคเนื้อ.* กรุงเทพ:โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย: 44
5. Matthew Darr,William Epperson. (2009). Embedded sensor technology for real time deter-mination of animal lying time.*Computers and Electronics in Agriculture*. 66(2009): 106–111
6. Jorge A., V. Diosdado, Z. E. Barker, H. R. Hodges, J. R. Amory, D. P. Croft, N. J. Bell and E. A. Codling. (2015). Classification of behaviour in housed dairycows using an accelerometer-based activity monitoring system.*Animal Biotelemetry*, 3-15.
7. Nadimi, E. S., H. T. Søgaard, and T. Bak.(2008). ZigBee-based wireless sensor networks for classifying the behaviour of a herd of animals using classification trees.*Biosystems Engineering*, 100(2) : 167-176.
8. Nadimi, E. S., and H. T. Søgaard.(2009). Observer Kalman filter identification and multiple model adaptive estimation technique for classifying animal behaviour using wireless sensor networks.*Computers and Electronics in Agriculture*68(1), 9–17.
9. Martiskainen P, M. Järvinen, JP. Skön, J. Tiirikainen, M. Kolehmainen, J. Mononen, (2009). Cow behaviour pattern recognition using a three-dimensional accelerometer and support vector machines. *Applied Animal Behavior Science*, 119(1-2) : 32–37.
10. Ritaban D., D. Smith, R. Rawnsley, G. Bishop-Hurley, J. Hills, G. Timms, D. Henry.(2015). Dynamic cattle behavioural classification using supervised ensemble classifiers.*Computers and Electronics in Agriculture*, 111(C) :18-28.
11. Jorge A., V. Diosdado, Z. E. Barker, H. R. Hodges, J. R. Amory, D. P. Croft, N. J. Bell and E. A. Codling. (2015). Classification of behaviour in housed dairy-cows using an accelerometer-based activity monitor-ing system.*Animal Biotelemetry*, 3:15
12. Apinan, A., and S. Kuankid(2016).Dynamic Time Warping for classifying cattle behaviors and reducing acceleration data size. Agricultural Engineering International: *CIGR Journal*, 18(4):293-300.
13. Giorgino, T. (2009). Computing and Visualizing Dynamic Time Warping Alignments in R: The dtw Package. *Journal of Statistical Software*, 31(7) : 1–24.
14. Kuankid, S., Rattanawong, T., &Aurasopon, A. (2014). Classification of the cattle's behaviors by using accelerometer data with simple behavioral technique. Signal And Information Processing Association Annual Summit And Conference (APSIPA), 2014 Asia-Pacific.