

การประเมินผลความผิดปกติของไก่ออกจากลักษณะการเดินโดยใช้การวิเคราะห์ภาพวิดีโอ

นางสาวปัทมวรรณ บุญมาศรี 5712402777

ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

บทคัดย่อ

การทำสำมนานนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการประเมินผลความผิดปกติของไก่ออกจากลักษณะการเดินโดยใช้การวิเคราะห์ภาพวิดีโอ จากการศึกษาการวิเคราะห์ภาพวิดีโอจากลักษณะการเดินโดยใช้กล้องดิจิทัล Guppy F036C ได้ทำการทดลองถ่ายวิดีโอมุมด้านบน โดยใช้ไก่เพศผู้พันธุ์ Ross-308 อายุ 39 วัน จำนวน 250 ตัว มีความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรคุณลักษณะ (การเดิน ความถี่การก้าว ความยาวการก้าว และการแกว่งลำตัวด้านข้าง) ส่งผลให้ $R^2 = 0.831, 0.882, 0.844, 0.861$ ที่ระดับความแม่นยำ 95% การวิเคราะห์ภาพวิดีโอจากลักษณะการเดินโดยใช้กล้อง 3D Kinect ใช้กล้อง 3D Kinect ถ่ายวิดีโอมุมด้านบน ทำการทดลองโดยใช้ไก่เพศผู้พันธุ์ Ross-308 อายุ 35 วัน จำนวน 250 ตัว ให้ความแม่นยำที่ 93.34 % และการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ที่สำคัญระหว่างจำนวนการหมอบลง NOL ($R^2 = 0.934$) และความล่าช้าในการหมอบลง LTL ($R^2 = -0.949$) และการวิเคราะห์ภาพวิดีโอของไก่ออกจากการทดลองด้วยการด้วยกล้องวิดีโอ Sony Handycam Memory Flash PJ200 ได้ทำการทดลองถ่ายวิดีโอมุมด้านบน โดยใช้ลูกไก่อายุ 1 วันจำนวน 300 ตัว หลังจากการมองด้วยผู้เชี่ยวชาญ วิเคราะห์ภาพอัลกอริธึมมีความแม่นยำ 80 % ดังนั้น การประเมินความผิดปกติของไก่ออกจากลักษณะการเดินโดยใช้การวิเคราะห์ภาพวิดีโอสำหรับการประเมินผลความอ่อนแอสามารถประยุกต์ใช้ในการประเมินแบบอัตโนมัติได้

คำสำคัญ: การวิเคราะห์ภาพ , ลักษณะการเดิน , ความผิดปกติ , ไก่ออกจาก

บทนำ

ในปัจจุบันไก่กระตังมีการผลิตขึ้น การพัฒนาของไก่เนื้อได้รับการกำกับลักษณะทางเศรษฐกิจซึ่งมีการลดต้นทุนการผลิต เพื่อให้ได้ปริมาณเนื้อที่สูงและปัญหาการเคลื่อนที่อาจเป็นปัญหาสำหรับไก่เนื้อและลดความคล่องตัว ความอ่อนแอเห็นถึงความสามารถในการทำงานของไก่เนื้อ การผลิตไก่จะถูกคุมขังอยู่ในฝูงที่มีความหนาแน่นในช่วงการเจริญเติบโตที่คล้ายกันมาก ความก้าวหน้าในการผลิตเนื้อสัตว์นี้ที่มีต้นทุนนำไปสู่การลดสวัสดิการความสามารถในการเดินลดลง

เทคโนโลยีกล้องที่เชื่อมกับซอฟต์แวร์การวิเคราะห์ภาพช่วยให้การเคลื่อนไหวของไก่กระตังที่ได้รับการประเมินในระดับที่เฉพาะเจาะจง เป็นวิธีการใหม่และไม่รุกรานได้รับการพัฒนาเพื่อประเมินความอ่อนแอของไก่เนื้อโดยอัตโนมัติ ยกตัวอย่าง เช่นระบบประมวลผลภาพ ทั้งยังสามารถประหยัดทรัพยากรมนุษย์ เนื่องการใช้เทคโนโลยีดังกล่าวสามารถพัฒนาด้านสุขภาพและสวัสดิภาพสัตว์ การตรวจสอบพฤติกรรมเคลื่อนไหวของไก่กระตังในความสัมพันธ์กับคะแนน Gait score สามารถใช้เป็นตัวชี้วัดสำหรับความอ่อนแอ ผลของความอ่อนแอสามารถมองเห็นในการเคลื่อนไหวของไก่กระตัง พฤติกรรมเหล่านี้สามารถมองเห็นได้จากลักษณะการเดินได้ถูกนำมาใช้ประเมินความบกพร่องของไก่กระตังประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญ

บทความฉบับนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการประเมินผลความผิดปกติของไก่กระตังจากลักษณะการเดินโดยใช้การวิเคราะห์ภาพวิดีโอและความสัมพันธ์ระหว่างค่าคะแนนการเดินและผู้เชี่ยวชาญ โดยใช้การวิเคราะห์ภาพวิดีโอสำหรับการประเมินผลความอ่อนแอสามารถประยุกต์ใช้ในการประเมินแบบอัตโนมัติได้โดยค่าคะแนนกำหนดด้วยผู้เชี่ยวชาญ

ตารางที่ 1 คะแนนของการเดินมีตั้งแต่ 0-5

คะแนน	ความหมาย
0	เดินปกติ คล่องแคล่วและสมดุล
1	ความผิดปกติเล็กน้อยและเดินไม่สม่ำเสมอ
2	เดินไม่สม่ำเสมอ ขาอ่อนแรง ต้องใช้ปีกช่วยการเคลื่อนที่
3	เห็นผลกระทบความผิดปกติการเคลื่อนที่ชัดเจน ไม่สามารถยืนได้ ถึง 15 วินาที หลังจากเดินจะนอนลง
4	ความผิดปกติรุนแรง ไม่เต็มใจที่จะเดินใช้ปีกเหมือนไม้ค้ำและเดินได้น้อยกว่า
5	ไม่สามารถเดินได้

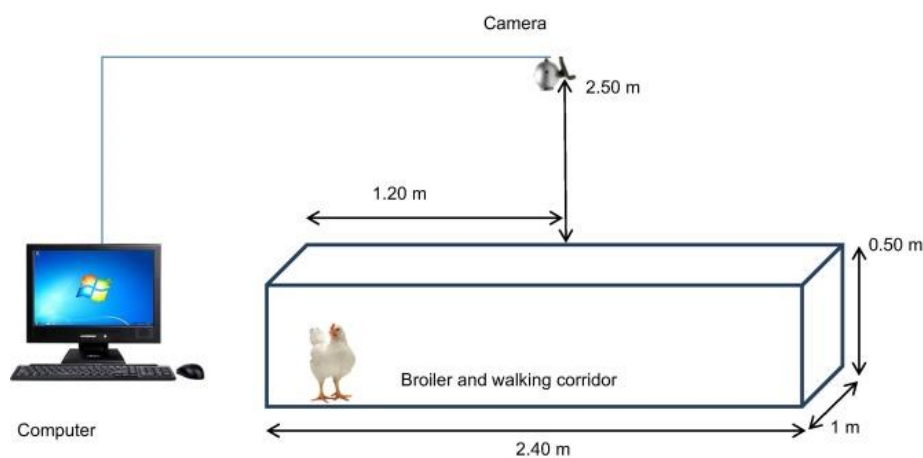
ที่มา : Berg,(2015)

เปรียบเทียบการวิเคราะห์ภาพวิดีโอจากลักษณะการเดินของไก่กระທ

1. การวิเคราะห์ภาพวิดีโอจากลักษณะการเดินโดยใช้กล้องดิจิทัล Guppy F036C

กำหนดการทดลอง

Aydin, (2017) ได้ทำการทดลองโดยใช้ไก่เพศผู้พันธุ์ Ross-308 อายุ 39 วัน จำนวน 250 ตัว ทำการทดลองทั้งหมด 5 ครั้ง ภายในกรงไม้ขนาดขนาด 2.40 เมตร (ความยาว) $\times$ 1.00 เมตร (กว้าง) $\times$ 0.50 เมตร (สูง) cm. ศูนย์กลางของการทดสอบทางเดินอยู่ในตำแหน่ง 3.0 เมตรเหนือพื้นดินเพื่อให้ครอบคลุมถึงการตั้งค่าการทดลองทั้งหมด (รูปที่ 1). มันก็ยังเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ด้วยสายเคเบิล IEEE 1394 ถูกบันทึกโดยกล้องที่ความถี่ 15 เฟรมต่อวินาทีเพื่อใช้เป็นวิธีการในการอ้างอิง (รูปที่ 1) และวิเคราะห์ภาพที่บันทึกได้



รูปที่ 1 ทดลองติดตั้งและอุปกรณ์ในการบันทึกวิดีโอ

ที่มา : Aydin, (2017)

ก่อนทำการทดสอบไก่กระທดัง (รูปที่ 1) ไก่กระທมีค่าคะแนนการเดินและก่อนทำการทดลอง เลือกตามระดับความอ่อนแอของไก่โดยผู้เชี่ยวชาญ การทดลองที่จุดเริ่มต้นในการทดลองติดตั้งและวิดีโอ ภาพของการตั้งค่าการทดลอง ถูกบันทึกไว้ขณะที่ไก่กระທเดินจากจุดเริ่มต้นถึงจุดสิ้นสุดของการติดตั้งที่มี ระยะไกล 2.4 เมตร ทำซ้ำกับไก่ทั้งหมด

ตารางที่ 2 ภาพรวมของไก่ที่ใช้ในการทดลอง

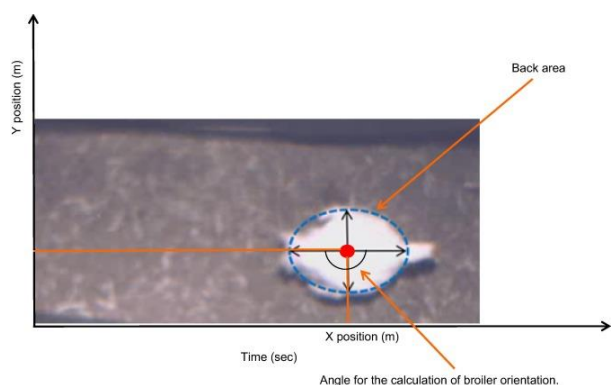
Gait score	Number of broilers	Breed	Sex	Age in days	Weight (kg $\pm$ std)
0	50	Ross-308	M	39	2.08 $\pm$ 0.15
1	50	Ross-308	M	39	2.19 $\pm$ 0.24
2	50	Ross-308	M	39	2.15 $\pm$ 0.22
3	50	Ross-308	M	39	2.30 $\pm$ 0.29
4	50	Ross-308	M	39	1.82 $\pm$ 0.34

ที่มา : Aydin, (2017)

วิธีการใน (ตารางที่ 2) วิธีการวิเคราะห์ภาพถูกนำมาใช้ในการตรวจสอบตัวแปรคุณลักษณะบางอย่าง (การเดิน ความถี่การก้าว ความยาวการก้าว และการแกว่งลำตัวด้านข้าง) ของไก่ ในภายหลังการทดสอบความสัมพันธ์ที่ได้กำหนดค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรคุณลักษณะ (การเดิน ความถี่การก้าว ความยาวการก้าว และการแกว่งลำตัวด้านข้าง) ที่ได้รับจากอัลกอริทึมที่นำเสนอและระดับคะแนนการเดินของไก่กระทง

การประมวลผลภาพประกอบด้วยส่วนหลักสามส่วน

- 1.การเปรียบเทียบภาพ ภาพของกล้องถูกปรับเทียบกับมิติข้อมูลของการตั้งค่าการทดสอบ
- 2.เป็นการวิเคราะห์ภาพ การลบพื้นหลังใช้สำหรับการแยกไก่เนื้อและค่าที่เหมาะสมของพารามิเตอร์ (x, y คือ พิกัดของไก่เนื้อตามภาพ, α คือ มุมการหมุนขึ้นอยู่กับการแกน x , a, b คือ A และ B ความยาวของพื้นผิวด้านหลังของไก่เนื้อ) ในภาพ
- 3.อัลกอริทึมพารามิเตอร์รูปร่างถูกใช้ในการคำนวณตัวแปรคุณลักษณะของไก่เนื้อ



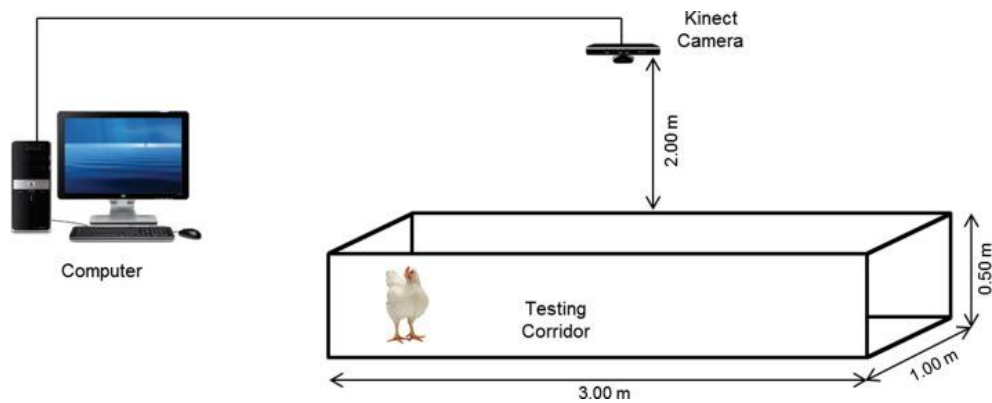
รูปที่ 2 พื้นที่การหมุนกลับแกน x, y พิกัดของศูนย์กลางของภาพของไก่เนื้อได้

ที่มา : Aydin, (2017)

2. การวิเคราะห์ภาพวิดีโอจากลักษณะการเดินโดยใช้กล้อง 3D Kinect

กำหนดการทดลอง

Aydin, (2017) ได้ทำการทดลองโดยใช้ไก่เพศผู้พันธุ์ Ross-308 อายุ 35 วัน จำนวน 250 ตัว ทำการทดลองทั้งหมด 5 ครั้ง ภายในกรงไม้ขนาด 3.00 เมตร (ความยาว) $\times$ 1.00 เมตร (กว้าง) $\times$ 0.50 เมตร (สูง) ศูนย์กลางของการทดสอบทางเดินโดยกล้อง 3 มิติ Kinect และ PC อยู่ในตำแหน่ง 2.5 เมตรเหนือพื้นดิน เพื่อที่จะให้มุมมองด้านบนของพื้นที่ที่สามารถเดินได้ (รูปที่ 3) ถูกบันทึกโดยกล้องที่มีความถี่ 20 เฟรมต่อวินาที กล้อง 3 มิติถูกเมื่อเทียบกับระบบกล้อง 2D เพื่อประเมินความอ่อนแอโดยการวัดอัตโนมัติจากท่ากลับของสัตว์



รูปที่ 3 ทางเดินทดสอบและอุปกรณ์การบันทึกวิดีโอ

ที่มา : Aydin, (2017)

กล้อง 3D Kinect เป็นกล้องที่ราคาไม่แพงและรวดเร็วเพื่อสวัสดิการและความแม่นยำในการใช้งาน ค่าคะแนนการเดินของไก่เลือกได้ตามพารามิเตอร์โดยผู้เชี่ยวชาญ ในแต่ละการทดลองไก่ถูกวางไว้ที่จุดเริ่มต้นในทางเดินทดสอบและกล้อง 3D ที่บันทึกภาพวิดีโอของพื้นที่ที่สามารถเดินได้ การวิเคราะห์ภาพในไก่ 250 ตัว เฉลี่ยค่าความแม่นยำ 93.34 % (ตารางที่ 2)

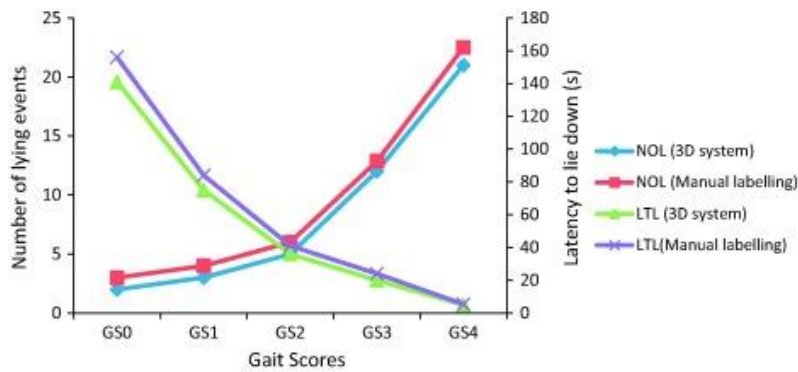
ตารางที่ 3 จำแนกประเภทของเหตุการณ์ตารางเปรียบเทียบผู้เชี่ยวชาญและระบบคอมพิวเตอร์

Exp. no	NOL (3D system)	NOL (manual labelling)	Accuracy (%)
1	44	47	93.33
2	44	47	94.49
3	39	42	92.91
4	43	47	92.47
5	45	48	93.48
Mean	43	46	93.34

NOL: Number of lying events.

ที่มา : Aydin, (2017)

3D Kinect สำหรับการเดินระบบตรวจจับอัตโนมัติคะแนนตั้งแต่มันถึง NOL (จำนวนการหมอบลง) และผล LTL(ความล่าช้าในการหมอบลง) กับพารามิเตอร์ จึงไม่จำเป็นต้องมีวิธีที่ซับซ้อนในการคำนวณจำนวนการนอนที่เกิดขึ้นในการประเมินความอ่อนแอของไก่ไก่เนื้อ นอกจากนี้ผลของขั้นตอนวิธีวิเคราะห์ทางสถิติสำหรับความแตกต่างระหว่างระดับคะแนนการเดินที่แตกต่างกัน การวิเคราะห์เผยให้เห็นความสัมพันธ์ที่สำคัญ ($R^2 = 0.934$) ระหว่าง NOL และให้คะแนนการเดินและความสัมพันธ์ทางลบที่ ($R^2 = -0.949$) ระหว่าง LTL และให้คะแนนการเดิน (รูปที่ 4)



รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนการเดินและจำนวนของเหตุการณ์ที่นอนและมาตรการ LTL ของไก่เนื้อและเปรียบเทียบผลลัพธ์กับระบบ 3D

ที่มา : Aydin, (2017)

ตารางที่ 4 NOL และ LTL ของไก่ที่มีคะแนนการเดินที่แตกต่างกันจากการเสนอระบบการตรวจสอบ 3D

Gait scores	NOL (Mean + Std)	LTL (s) (Mean + Std)
0	02 ± 0.55a	141.20 ± 10.92a
1	03 ± 0.55a	74.80 ± 12.92b
2	05 ± 1.34b	36.00 ± 08.14c
3	12 ± 1.14c	19.57 ± 04.13d
4	21 ± 1.52d	04.60 ± 02.89e

ที่มา : Aydin, (2017)

จาก (ตารางที่ 4) ระบบการตรวจสอบวิสัยทัศน์คอมพิวเตอร์สามารถนำมาใช้ในการประเมินความอ่อนแอของไก่ในการเคลื่อนย้ายไก่เนื้อเช่นเดียวกับพารามิเตอร์ที่มีประโยชน์โดยวิธีการของระบบการตรวจสอบโดยอัตโนมัติ กล้องวิสัยทัศน์ 3 มิติจากมุมมองด้านบนจะมีประโยชน์ในการพัฒนาโดยอัตโนมัติอย่างเต็มที่ของ NOL และ LTL ในความสัมพันธ์กับเดินคะแนนเป็นมาตรการสำหรับความอ่อนแอของไก่เนื้อ เทคนิคการตรวจสอบวิสัยทัศน์ 3 มิติเป็นการพัฒนาเป็นเครื่องมือที่มีแนวโน้มในการวิเคราะห์พฤติกรรมนอนและแสดงให้เห็นถึงความอ่อนแอในไก่เนื้อ

3.การวิเคราะห์ภาพวิดีโอของไก่กระທงโดยการทดลองด้วยการบันทึกวิดีโอ Sony Handycam

Memory Flash PJ200

หลังจากการมองด้วยผู้เชี่ยวชาญ ลูกไก่อายุ 1 วันจำนวน 300 ตัว วิดีโอที่ถูกถ่ายในแพลตฟอร์มขนาด 1 เมตรยาว 0.30 เมตรกว้างกับพื้นผิวที่เรียบปกคลุมไปด้วย 8 ซม. ของพื้นผิวด้านกลับ พื้นหลังสำหรับการบันทึกวิดีโอเป็นผนังสีฟ้าที่วางไว้เพื่อให้ความคมชัดที่เหมาะสมกับไก่กระທง วิดีโอถูกบันทึกไว้

ในรูปแบบ AVI ด้วยความเร็ว 60 เฟรมต่อวินาทีที่ใช้กล้องวิดีโอ สัญญาณวิดีโอของการเคลื่อนไหวของไก่กระทง (รูปที่ 5) ได้รับการแปลงเป็นลำดับภาพและการบันทึกเป็นไฟล์ Jpeg บนเครื่องพีซี เซนเซอร์ของร่างกายไก่ที่ถูกรวบรวมโดยใช้ฟังก์ชัน 'regionprops' ใน Matlab



รูปที่ 5 ห้องถ่ายภาพพิเศษที่พัฒนาขึ้นสำหรับการทำภาพวิดีโอ (a) ของการเคลื่อนไหวของไก่ที่เลือก (เพศผู้เพศเมียของสายพันธุ์ทางพันธุกรรม Cobb®) ที่มีคะแนนการเดินที่แตกต่างกัน (b)

ที่มา : Irenilza et al. (2017)

จากการทดสอบไก่กระทงพบว่าเซนเซอร์ของไก่เนื้อระหว่างกลุ่มของเฟรมติดต่อกันที่คำนวณได้โดยการคำนวณระยะทางยุคลิดทั้ง x และ y กระจัดจะต้องนำมาพิจารณา หลังจากนั้นคำนวณความเร็วและความเร่งของไก่ อัลกอริทึมได้รับการพัฒนาโดยการแก้ไขภาพโดยแยกเฉพาะไก่เนื้อและเพื่อกำหนดเซนเซอร์ความเร็วและความเร่งของแต่ละกลุ่มของค่าคะแนนการเดินของไก่กระทง หลังจากการกำหนดความเร็วและความเร่งของไก่ที่วิเคราะห์ paraconsistent ถูกนำมาใช้ในการพัฒนาอัลกอริทึมในการทำนายค่าคะแนนการเดิน

ตารางที่ 5 สุ่มโดยใช้ตัวอย่างข้อมูลของความเร็วและความเร่งสำหรับแต่ละคะแนนการเดิน

Gait Score	Number of samples	Number of true values	True values (%)
0	10	10	100
1	10	5	50
2	10	7	70
3	10	10	100
Total	40	32	80

ที่มา : Irenilza et al. (2017)

การใช้ตรรกะ paraconsistent ในการพัฒนาอัลกอริทึมและซอฟต์แวร์ค่าคะแนนไถ่กระทงภายใต้การเลี้ยงในเชิงพาณิชย์โดยใช้ความเร็วและความเร่งในการประเมิน อัลกอริทึมและซอฟต์แวร์ที่จะประเมินคะแนนการเดินไถ่เนื้อ ภาพวิดีโอที่ถูกบันทึกไว้จากไถ่เดินบนแพลตฟอร์มพิเศษ การใช้ซอฟต์แวร์ที่พัฒนาแล้วเป็นไปได้อาจจะตรวจพบความผิดปกติในไถ่กระทงภายใต้การเพาะเลี้ยงในเชิงพาณิชย์เนื่องจากความเร็วของการเคลื่อนย้ายสามารถวัดได้ง่ายและใช้เป็นข้อมูลในการป้อนข้อมูลโดยเกษตรกร

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบความแม่นยำของการวิเคราะห์ภาพถ่ายวิดีโอ

บทความ	จำนวนไถ่กระทง	วิธีการ	ความแม่นยำ (%)
Aydin, (2017)	250 ตัว	Guppy F036C	95 %
Aydin, (2017)	250 ตัว	3D Kinect	93.34 %
Irenilza et al. (2017)	300 ตัว	Sony Handycam Memory Flash PJ200	80 %

ที่มา : ดัดแปลง : Aydin, (2017) และ Irenilza et al. (2017)

จาก (ตารางที่ 5) พบว่า การประเมินผลความอ่อนแอของไถ่เนื้อโดยใช้ระบบกล้องดิจิทัล Guppy F036C และ กล้อง 3D Kinect จากกล้องมุมบนในทางเดินทดสอบมีความแม่นยำมากกว่าที่ระดับความแม่นยำ 95 % และ 93.34 % ซึ่งการทดลองด้วยการถ่ายภาพวิดีโอ Sony Handycam Memory Flash PJ200 มีการติดกล้องด้านข้างของทางเดินทดสอบมีระดับความแม่นยำที่ 80 % จากการวิเคราะห์ภาพถ่ายวิดีโอจากระบบประมวลผลควรแนะนำให้ใช้กล้องดิจิทัล Guppy F036C สามารถใช้เป็นตัวชี้วัดสำหรับความความอ่อนแอได้และสามารถประยุกต์ใช้ในการประเมินแบบอัตโนมัติ การใช้เทคโนโลยีดังกล่าวสามารถพัฒนาด้านสุขภาพและสวัสดิภาพสัตว์โดยเป็นไม่ว่าไม่รุกรานสัตว์ในการตรวจสอบพฤติกรรมเคลื่อนไหวของไถ่กระทง

วิจารณ์ผล

ระบบการให้คะแนนความสามารถในการเดินได้ถูกนำมาใช้ประเมินความบกพร่องในการเดินของไก่ ในการประเมินประกอบด้วยผู้สังเกตการณ์ การประเมินผลความผิดปกติของไก่ออกจากลักษณะการเดินโดยใช้การวิเคราะห์ภาพวิดีโอแสดงที่คุณลักษณะตัวแปรไก่เนื้อที่อ่อนแอ และไม่อ่อนแอสามารถบันทึกได้อย่างง่ายดายและวิเคราะห์ระบบตรวจสอบโดยอัตโนมัติอย่างเต็มที่ด้วยวิธีการไม่รุกรานและไม่ล่วงล้ำ การตรวจสอบในช่วงต้นของความอ่อน ระบบที่นำเสนอนี้ควรจะรวมกับระบบการวิเคราะห์พฤติกรรมอื่น ๆ โดยอัตโนมัติเพื่อพัฒนาวิธีการไม่รุกรานและไม่ล่วงล้ำเพื่อประเมินความอ่อนแอของไก่เนื้อโดยใช้ระบบกล้องดิจิทัล Guppy F036C และ กล้อง 3D Kinect มีความแม่นยำกว่าเนื่องจากการติดกล้องด้านบนในทางเดินทดสอบซึ่งต่างจากการวิเคราะห์ภาพวิดีโอของไก่ออกจากการทดลองด้วยการดักกล้องวิดีโอ Sony Handycam Memory Flash PJ200 มีการติดกล้องด้านข้างของทางเดินทดสอบ จึงทำให้เห็นตัวแปรคุณลักษณะการเคลื่อนไหวของไก่ออกจากได้อย่างชัดเจน การใช้เทคโนโลยีดังกล่าวสามารถใช้ร่วมกับสัตว์อื่นได้แต่ไม่นิยมใช้ในการทดลอง

สรุป

การนำเอาเทคโนโลยีเข้ามาเพื่อช่วยประเมินความผิดปกติของไก่ออกจากลักษณะการเดิน ตรวจสอบพฤติกรรมเคลื่อนไหวของไก่ออกจากในความสัมพันธ์กับคะแนนการเดินสามารถใช้เป็นตัวชี้วัดสำหรับความอ่อนแอได้และสามารถประยุกต์ใช้ในการประเมินแบบอัตโนมัติได้ แต่อย่างไรก็ตามประสิทธิภาพระบบที่ใช้ต่อไปเพื่อปรับปรุงความถูกต้องและยังต้องมีการตรวจสอบในสภาพพื้นที่แตกต่างกันและไก่พันธุ์อื่น

เอกสารอ้างอิง

- จารุวัฒน์ ดองหนู. 2557. โรงเรือนระบบปิดกับการเพิ่มสมรรถภาพการผลิต. สาขาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตนครศรีธรรมราช. นครศรีธรรมราช.
- ประภากร ธาราฉาย. 2556. การเลี้ยงและการจัดการไก่กระທ. เอกสารประกอบการเรียน. คณะสัตวศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยแม่โจ้. เชียงใหม่.
- Aydin, A. 2017. “Development of an early detection system for lameness of broilers using computer vision”. **Computers and Electronics in Agriculture**. 136:140-146
- Aydin, A. 2017. “Using 3D vision camera system to automatically assess the level of inactivity in broiler chickens”. **Computers and Electronics in Agriculture**. 135:4-10.
- Berg, C. 1998. “Foot-pad dermatitis in broiler and turkeys”. **Swedish University of Agricultural Sciences**. Sueciae. Sweden.
- Irenilza, A. and et al. 2017. “Paraconsistent logic used for estimating the gait score of broiler chickens”. **Biosystems Engineering**. xxx:1-9.
- Talaty, P. N., M. N. Katanbaf, and P. Y. Hester. 2010. “Bone mineralization in male commercial broilers and its relationship to gait score”. **J. Appl. Poult.** 89:342–348.