

การประมาณน้ำหนักไข่ไก่ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์ภาพ

Egg weight estimation by image analysis technique

นุชนารถ กาญจนพัฒน์

Nutchanart Karnchanapat

สาขาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

บทคัดย่อ

สัมมนาฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการประมาณน้ำหนักไข่ไก่ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์ภาพสำหรับอุตสาหกรรม ได้ทำการรวบรวมและศึกษาการประมาณน้ำหนักไข่ไก่จากการวิเคราะห์ภาพเพื่อนำมาใช้แทนการชั่งน้ำหนักโดยตรง ซึ่งการชั่งน้ำหนักจากเครื่องชั่งแบบเดิมให้ผลที่ไม่แน่นอนและอาจทำให้ไข่ไก่ได้รับความเสียหายในระหว่างการชั่งน้ำหนักทั้งยังใช้เวลามาก ฉะนั้นจึงมีการนำเทคนิคการวิเคราะห์ภาพมาใช้ในการประมาณน้ำหนักแทนการชั่งโดยตรง เนื่องจากการใช้เทคนิคการวิเคราะห์ภาพเป็นวิธีที่ทันสมัยมีความรวดเร็ว ให้ผลที่แม่นยำ ลดอัตราการเกิดความเสียหายในระหว่างการชั่งน้ำหนักได้ จากการศึกษาการประมาณน้ำหนักไข่ไก่ไม่มีการใช้เทคนิคการวิเคราะห์ภาพและการวิเคราะห์สมการถดถอยให้แสงทั้งด้านบนและด้านล่าง ให้ค่าความแม่นยำ 97.5 % และมีค่าความผิดพลาดเพียง 2.5 % ซึ่งถือว่ามีประสิทธิภาพสูง นอกจากนี้ยังมีการนำเทคนิคการวิเคราะห์ภาพและ Support Vector Machine (SVM) ให้แสงด้านบน มาใช้ในการแบ่งกลุ่มไข่แต่ละขนาด ซึ่งมีความแม่นยำ 87.58 % และใช้เทคนิคการวิเคราะห์ภาพและการวิเคราะห์สมการถดถอยให้แสงด้านบน โดยมีค่าความแม่นยำ 91 % และมีค่าความผิดพลาด 9 % ดังนั้นการประมาณน้ำหนักไข่ไก่ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์ภาพจึงมีความเชื่อถือได้และสามารถนำมาใช้แทนการชั่งน้ำหนักโดยตรงจากตาซึ่งได้จริง

คำสำคัญ : ไข่ไก่ การวิเคราะห์ภาพ การประมาณน้ำหนักไข่ไก่

บทนำ

ปัจจุบันการเลี้ยงไก่ไข่เพื่อเก็บไข่จำหน่ายเป็นอาชีพที่ได้รับความนิยมจากเกษตรกรเป็นอย่างมาก เนื่องจากไข่ไก่มีราคาที่ค่อนข้างสูง ขายง่าย สามารถนำไปทำอาหารได้หลากหลายเมนู เป็นแหล่งโปรตีนที่สำคัญสำหรับคนทุกช่วงอายุและยังได้รับความนิยมเป็นพิเศษจากกลุ่มคนที่ดูแลสุขภาพ ไข่ไก่จึงเป็นที่ต้องการของตลาดการค้าทั้งในประเทศและต่างประเทศเป็นอย่างมาก ซึ่งการเลี้ยงไก่ไข่เพื่อจำหน่ายจำเป็นต้องมีการชั่งน้ำหนักเพื่อคัดเกรดไข่และขนาดเพื่อกำหนดราคาในการจำหน่าย (Quilloy et al., 2018) และเมื่อต้องชั่งไข่ไก่เป็นจำนวนมากการชั่งน้ำหนักทำให้การทำงานล่าช้าหรืออาจเกิดความเสียหายในระหว่างชั่ง การสัมผัสผิวไข่ไก่โดยตรงยังทำให้มีความเสี่ยงต่อการติดหรือการปนเปื้อนเชื้อโรคอีกด้วย (Quilloy et al., 2018) ดังนั้นเพื่อเป็นลดปัญหาที่กล่าวมาจึงมีการนำเทคนิคการวิเคราะห์ภาพมาใช้เพื่อประมาณน้ำหนักไข่ไก่แทนการชั่งน้ำหนัก เพื่อให้ทราบน้ำหนักไข่ไก่ที่มีความแม่นยำและรวดเร็วในการชั่งน้ำหนัก จึงมีการใช้เทคนิคการวิเคราะห์ภาพจากคอมพิวเตอร์มาใช้ในการชั่งน้ำหนักที่เสมือนการชั่งน้ำหนักจริงแต่เป็นการชั่งน้ำหนักไข่โดยใช้รูปภาพในการวิเคราะห์น้ำหนักแทน โดยปัจจุบันการวิเคราะห์ภาพประมาณน้ำหนักไข่ได้มีการทำการศึกษาการวิเคราะห์ภาพด้วยเทคนิค

ดังนั้นสมมติว่าปัจจุบันนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการประมาณน้ำหนักไข่ไก่ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์ภาพสำหรับอุตสาหกรรม

การชั่งน้ำหนักไข่ไก่

การชั่งน้ำหนักไข่ไก่เกษตรกรส่วนใหญ่ใช้วิธีการคัดแยกไข่ไก่โดยการชั่งไข่ด้วยตนเองโดยใช้เครื่องชั่งน้ำหนักแบบดิจิตอล หรือเครื่องคัดแยกด้วยน้ำหนัก แต่หากไม่มีเครื่องชั่งแบบดิจิตอลในการชั่งน้ำหนักไข่การอ่านค่าน้ำหนักจะขึ้นอยู่กับการอ่านค่าของผู้ชั่งโดยการประมาณน้ำหนักจากสังเกตของผู้ชั่ง การคัดแยกไข่จากการชั่งน้ำหนักไข่ต้องมีความระมัดระวังในการชั่งเพื่อหลีกเลี่ยงจากการเกิดความเสียหายของการทำไข่แตก และหากมีไข่ไก่ในปริมาณมากๆ การใช้วิธีการชั่งน้ำหนักด้วยตนเองจึงไม่เหมาะที่จะนำมาใช้เป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากการชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งมีความล่าช้าและใช้เวลาในการปฏิบัติงานค่อนข้างนานทั้งยังอาจทำให้เกิดความผิดพลาดจากการอ่านค่าน้ำหนักได้ ปัจจุบันจึงมีการนำการประมาณน้ำหนักไข่ไก่ทางอ้อมโดยการวิเคราะห์ภาพมาใช้ในการประมาณน้ำหนักไข่ไก่แทนการชั่งน้ำหนักไข่ไก่จากเครื่องชั่งน้ำหนัก (Alikhanov et al., 2018) เพื่อความสะดวก รวดเร็ว และประหยัดเวลาในการทำงาน และยังลดความเสียหายจากการชั่งน้ำหนักไข่ไก่ได้อีกด้วย

การประมาณน้ำหนักไข่ไก่ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์ภาพ

การประมาณน้ำหนักไข่ไก่ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์ภาพเป็นการนำภาพถ่ายไข่ไก่เข้าสู่ระบบประมวลผลทางระบบคอมพิวเตอร์เพื่อนำไปใช้ในการคำนวณโดยการวัดความกว้าง ความยาวของภาพไข่โดยมีการแบ่งแยกระดับสีของพื้นหลังของภาพและภาพไข่ออกอย่างชัดเจนเพื่อให้ง่ายต่อการมองเห็นเมื่อนำไปใช้ในการคำนวณหา

ปริมาณน้ำหนักของไข่ที่ต้องการทราบเพื่อใช้ในการคัดเกรดไข่ ดังนั้นการประมาณน้ำหนักไข่ได้จากการวิเคราะห์ภาพจึงมีความแม่นยำสูงเป็นอย่างมาก ทั้งนี้การประมาณน้ำหนักไข่ได้โดยการวิเคราะห์ภาพยังสามารถตรวจจับสิ่งสกปรกที่ติดมากับไข่ และยังลดความเสี่ยงจากการสัมผัสของคนให้น้อยที่สุดเพื่อเป็นการลดการปนเปื้อนของเชื้อโรคที่จะส่งไปถึงผู้บริโภคได้ (Thipakorn et al., 2017)

Table 1 Errors received during the classification of the studied objects from the training sample.

Classification decision	Actual classes				Errors	
	1	2	3	4	g_i (%)	e_i (%)
1	20	1	0	0	4.8	9
2	2	23	1	0	11.5	8
3	0	1	15	2	16.7	21
4	0	0	3	12	20	14.3
Total number	22	25	19	14	$e_0 = 12.5 \%$	

ที่มา : ดัดแปลงจาก Alikhanov et al. (2018)

Table 1 แสดงการเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดในการคัดแยกขนาดไข่ตามกลุ่มจากตัวอย่างชุดฝึกระหว่างกลุ่มที่กำหนดขนาดด้วยวิธีการประมวลผลภาพและกลุ่มที่กำหนดขนาดไข่ตามน้ำหนักจริง ซึ่งตามตารางกลุ่มที่มีค่าความผิดพลาดมากที่สุดอยู่ในกลุ่มที่ 3 แต่อย่างไรก็ตามค่าความผิดพลาดไม่ได้ขึ้นอยู่กับขนาดของไข่ที่กำหนดในแต่ละกลุ่ม เพราะไข่ที่คัดแยกกลุ่มมีขนาดที่ใกล้เคียงกันจึงทำให้เกิดข้อผิดพลาดได้ ซึ่งมีค่าความผิดพลาด 12.5 %

Table 2 Errors received during the classification of the studied objects from the test sample.

Classification decision	Actual classes				Errors	
	1	2	3	4	g_i (%)	e_i (%)
1	11	0	0	0	0	0
2	0	15	0	0	0	0
3	0	0	8	1	11.1	0
4	0	0	0	5	0	16.7
Total number	11	15	8	6	$e_0 = 2.5 \%$	

ที่มา : ดัดแปลงจาก Alikhanov et al. (2018)

Table 2 เป็นการเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดในการคัดแยกขนาดไข่ตามกลุ่มจากตัวอย่างทดสอบระหว่างกลุ่มที่กำหนดขนาดด้วยวิธีการประมวลผลภาพและกลุ่มที่กำหนดขนาดไข่ตามน้ำหนักจริง จากตารางในกลุ่มที่ 1 2 4 คัดแยกได้ถูกต้อง ไม่มีความผิดพลาดกลุ่มที่ 3 มีค่าความผิดพลาดอยู่ที่ 11.1 % ซึ่งจะเห็นว่าค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นไม่ได้เพิ่มขึ้นตามการเพิ่มของขนาดกลุ่มไข่ และค่าความผิดพลาดจากการคำนวณกลุ่มที่ 4 มีค่าความผิดพลาดในการคัดแยกขนาดอยู่ที่ 16.7 % ซึ่งค่าความผิดพลาดในการคัดแยกขนาดของไข่โดยเฉลี่ยคือ 2.5%

Table 3 Results of size classification experiments.

No.	Size class	Number	Correct	Incorrect	Accuracy (%)
0	Jumbo	52	47	5	90.38%
1	Extre - large	44	35	9	79.54%
2	large	64	51	13	79.54%
3	Medium	53	47	6	88.68%
4	Small	54	49	5	90.74%
5	Pee wee	47	46	1	97.87%
Total		314	275	39	87.58%

ที่มา : ดัดแปลงจาก Thipakorn et al. (2017)

Table 3 เป็นการคัดแยกขนาดของไข่ที่ออกเป็นกลุ่มทั้งหมด 6 กลุ่มโดยใช้วิธี Support Vector Machine เพื่อคัดแยกขนาดไข่แต่ละกลุ่มโดยใช้ลักษณะรูปร่าง 13 อย่างเป็นตัวกำหนด ขั้นตอนวิธีการค้นหาแบบกริดเพื่อใช้ในการคัดแยกปัจจัยของรูปร่างที่กำหนดที่ดีที่สุด ใช้เทคนิคตรวจสอบความถูกต้อง 10 เท่า เพื่อฝึกตัวอย่างและทดสอบผลลัพธ์ ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้มีค่าความแม่นยำเฉลี่ย 87.58%

Table 4 Dynamic sorting performance of the automated table egg sorter.

Actual	Classified					
	Small	Medium	Large	Extre - large	Jumbo	Total
Small	0	0	0	0	0	0
Medium	1	32	1	0	0	34
Large	0	1	39	0	0	40
Extre - large	0	0	3	10	0	13
Jumbo	0	0	0	3	10	13
Total	1	33	43	13	10	100

ที่มา : ดัดแปลงจาก Quilloy et al. (2018)

Table 4 เป็นการทดสอบความแม่นยำในการจัดเรียงไขแบบไดนามิก โดยใช้ตัวอย่างไข จำนวน 100 ฟอง ในการทดสอบ ผลปรากฏว่าเครื่องที่พัฒนาขึ้นให้ผลค่าความแม่นยำในการเรียงไขโดยรวมอยู่ที่ 91% พบว่า ข้อผิดพลาดเกิดกับไขที่น้ำหนักใกล้เคียงกับกลุ่มที่อยู่ติดกัน

Table 5 Accuracy in sorting.

Actual	Classified				
	Small	Medium	Large	Extre - large	Jumbo
Medium	2.9	94.1	2.9	0	0
Large	0	2.5	97.5	0	0
Extre - large	0	0	23.1	76.9	0
Jumbo	0	0	0	23.1	76.9

ที่มา : ดัดแปลงจาก Quilloy et al. (2018)

Table 5 เป็นการทดสอบความแม่นยำในการจัดเรียงไข มีค่าความแม่นยำสูงสุดในการคัดแยกไขประเภท ขนาดใหญ่มีค่าความแม่นยำที่ 97.5% และในที่มีการคัดแยกขนาดไขในกลุ่มไขขนาดใหญ่พิเศษและกลุ่มไขขนาด จัมโบ้มีค่าความแม่นยำน้อยที่สุดโดยมีค่าความแม่นยำอยู่ที่ 76.9% ซึ่งข้อผิดพลาดเกิดจากการสั่นของเครื่องหรือ การสั่นของไขไถขณะเคลื่อนที่ไปตามสายพานลำเลียง

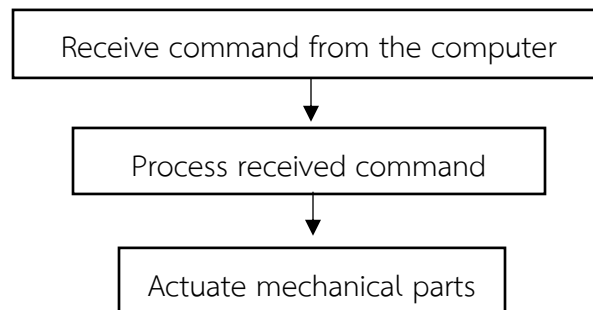


Figure 1. Receiving algorithm of the Gizduino 168.

ที่มา : ดัดแปลงจาก Quilloy et al. (2018)

Figure 1 การทำงานลำเลียงไขของเครื่องได้รับการป้อนคำสั่งจากคอมพิวเตอร์ คำสั่งที่ป้อนจะสั่งงานไปยังมอเตอร์ลำเลียงเริ่มต้นโดยแพลตฟอร์ม Gizduino 168 เมื่อได้รับคำสั่งจากคอมพิวเตอร์ Gizduino 168 จะสลับสถานะของเข็มที่เชื่อมต่อกับมอเตอร์ลำเลียง โดยขั้นตอนการรับของไมโครคอนโทรลเลอร์

Table 6 ตารางเปรียบเทียบการทดลองทั้ง 3 วิจัย

	Alikhanov et al. (2018)	Thipakorn et al. (2017)	Quilloy et al. (2018)
ประเภทของไข่	Chicken egg	Chicken egg	Chicken egg
จำนวนไข่ (ฟอง)	120	314	100
ปัจจัยในการกำหนดการคัดแยกขนาดของไข่	ใช้พารามิเตอร์จากระบบแมชชีนวิชันในการกำหนดน้ำหนัก	ใช้คุณลักษณะทางเรขาคณิตเป็นปัจจัยในการกำหนดน้ำหนัก	ใช้ซอฟต์แวร์คัดแยกไข่อัตโนมัติ 2.0(EGGSoTic) ในการคัดแยกน้ำหนักไข่
วิธีการ	วิธีแมชชีนวิชันใช้ในการประมวลผลภาพไข่และใช้พารามิเตอร์จากระบบคอมพิวเตอร์เป็นตัวกำหนดน้ำหนักไข่ Linear regression	วิธีแมชชีนวิชันใช้ในการเปรียบเทียบภาพไข่กับภาพเหรียญเพื่อคำนวณคุณสมบัติและใช้เทคนิค Support Vector Machine (SVM) ในการแบ่งกลุ่ม	การวิเคราะห์ระบบแมชชีนวิชันและการถดถอยของข้อมูลพื้นที่น้ำหนักที่คาดการณ์จากสมการ: $W = -4.86 + (0.04 * A)$ โดยที่ W คือ น้ำหนักโดยประมาณของตัวอย่างไข่และ A คือพื้นที่ที่คาดการณ์ Linear regression
Accuracy	97.5 %	87.58 %	91 %
Error	2.5 %	12.42 %	9 %

ที่มา : ดัดแปลงจาก Alikhanov et al. (2018) , Thipakorn et al. (2017) , Quilloy et al. (2018)

วิธีการประมาณน้ำหนักไข่ไก่ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์ภาพของ Alikhanov et al. (2018) มีประสิทธิภาพมากที่สุด มีค่าความผิดพลาดอยู่ที่ 2.5 % ซึ่งมีความน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับอีก 2 วิธี โดยมีการใช้เทคนิควิธีการแมชชีนวิชันหรือการวิเคราะห์ภาพ เพื่อประมวลผลภาพไข่ในการเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดในการคัดแยกขนาดไข่ตามกลุ่มโดยมีการใช้ไข่จากกลุ่มตัวอย่างทดสอบเพื่อเป็นตัวกำหนดขนาดในการคัดแยกไข่และใช้พารามิเตอร์จากระบบคอมพิวเตอร์เป็นตัวกำหนดน้ำหนักไข่ จึงทำให้มีค่าความผิดพลาดน้อยเมื่อเทียบกับการทดลองอื่น Thipakorn et al. (2017) มีการใช้เทคนิควิธีการวิเคราะห์ภาพในการเปรียบเทียบภาพไข่ที่รู้จักกับภาพเหรียญเพื่อคำนวณคุณสมบัติและใช้เทคนิค Support Vector Machine ในการแบ่งกลุ่มไข่แต่ละขนาด ทำให้การประมาณน้ำหนักมีค่าความผิดพลาดสูงกว่าการวิเคราะห์ภาพด้วยเทคนิคอื่น Quilloy et al. (2018) ได้มีการใช้เทคนิคการวิเคราะห์ระบบแมชชีนวิชันและการวิเคราะห์สมการถดถอยเชิงเส้น โดยมีการใช้การทดสอบความแม่นยำในการจัดเรียงไข่ด้วยเครื่องคัดแยกไข่แบบตั้งโต๊ะอัตโนมัติ ซึ่งอาจเกิดข้อผิดพลาดได้จากการสั่นของเครื่องหรือการสั่นของตัวอย่างไข่ไถขณะเคลื่อนที่ไปตามสายพานลำเลียงแต่ก็ไม่มากเมื่อเทียบกับ Alikhanov et al. (2018) คือมีค่าความผิดพลาดอยู่ที่ 9 %

จากการทดลองจากทั้ง 3 วิจัยข้างต้น พบว่าการประมาณน้ำหนักไข่ไก่ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์ภาพมีความเชื่อถือได้และสามารถนำมาใช้แทนการชั่งน้ำหนักโดยตรงจากการใช้ตาชั่งในการชั่งน้ำหนักไข่ไก่ได้จริง และนอกจากวิธีการวิเคราะห์ภาพจะใช้ในการคัดแยกไข่ไก่ได้แล้วยังใช้ในการคัดแยกไข่เป็ดและไข่นกกระทาได้อีกด้วย ซึ่ง วิธีการวิเคราะห์ภาพที่ใช้ในการคัดแยกไข่เป็ดจะใช้ในการคัดแยกเพศของไข่ซึ่งจะใช้รูปร่างของไข่เป็นตัวกำหนดเพศ โดยมีค่าความแม่นยำสูงถึง 91%

สรุป

จากการศึกษาทั้ง 3 งานวิจัยที่มีการนำเทคนิคมาใช้ในการประมาณน้ำหนักไข่ไก่ด้วยการวิเคราะห์ภาพ และวิเคราะห์ผลการทดลองให้แสงทั้งด้านบนและด้านล่าง ให้ผลลัพธ์ค่าความแม่นยำที่สูง แสดงให้เห็นว่าการประมาณน้ำหนักไข่ไก่ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์ภาพ สามารถนำมาใช้ในการประมาณน้ำหนักไข่ได้จริงในทางการค้า วิธีการวิเคราะห์ภาพมีค่า error อยู่ที่ 2.5 % ซึ่งเป็นค่า error ที่น้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับทั้ง 3 งานวิจัยนั้นก็แสดงให้เห็นว่าวิธีการประมาณน้ำหนักไข่ด้วยเทคนิควิธีการวิเคราะห์ภาพมีความน่าเชื่อถือมากที่สุดจากทั้ง 3 วิจัย เนื่องจากการประมาณน้ำหนักไข่ไก่ด้วยวิธี Image processing มีค่าความแม่นยำมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยอีก 2 งานวิจัย และยังมีค่า % Error ที่น้อยกว่า แสดงว่าการใช้เทคนิคการประมาณน้ำหนักไข่จากเทคนิคการวิเคราะห์ภาพมีความน่าเชื่อถือมากกว่าการชั่งน้ำหนักจากตาชั่งจริงเพราะมีความแม่นยำ และรวดเร็วมากกว่า ทั้งยังลดความเสียหายขณะชั่งน้ำหนักอีกด้วย แต่การประมาณน้ำหนักไข่จากการวิเคราะห์ภาพก็มีข้อเสียอยู่คือ มีราคาที่ยค่อนข้างแพงจึงอาจจะไม่เหมาะสมสำหรับผู้ที่ใช้ที่เป็นเกษตรกรรายย่อย และนอกจากนี้การประมาณน้ำหนักไข่ด้วยเทคนิควิธีการวิเคราะห์ภาพนอกจากจะใช้ในการประมาณน้ำหนักไข่ไก่ที่มีสีน้ำตาลแล้วยังสามารถใช้ในการประมาณไข่ไก่ที่มีสีขาวและไข่เป็ดที่มีเปลือกไข่สีขาวได้อีกด้วย จากที่ศึกษาจากทั้ง 3 วิจัยที่ใช้ไข่ไก่สีน้ำตาล ถ้าหากมีการนำไปใช้ในไข่ไก่สีขาวและไข่เป็ดอาจจะต้องมีการปรับจูนสีและขนาดไข่

เอกสารอ้างอิง

Alikhanov, J., Penchev, M.S., Georgieva, D.T., Moldazhanov, A., Shynybay, Z., and Daskalov, I.P.

2018. "An indirect approach for egg weight sorting using image processing". **Food Measure.** 12:87-93.

Thipakorn, J., Waranusast, R., and Riyamongkol, P. 2017. "Egg Weight Prediction and Egg Size Classification using Image Processing and Machine Learning". **Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology.** 14:477-480

Quilloy, E.P., Suministrado, C.D., and Bato, M.P. 2018. "Single-line automated sorter using mechatronics and machine vision system for Philippine table eggs". **academicjournals.** 13(17):918-926.

Mahmoodi-Eshkaftaki, M. and Houshyar, E. 2020. "Determining volume and weight of quail eggs using image processing and artificial neural network techniques and comparing with regression models". **Journal of Researches in Mechanics of Agricultural Machinery**. 9(2):23-35.

Omid, M., Soltani, M., Dehrouyeh, M.H., Mohtasebi, S.S., and Ahmadi, H. 2013. "An expert egg grading system based on machine vision and artificial intelligence techniques". **Journal of Food Engineering**. 118(1):70-77.

Quilloy, E.P. and Bato, M.P. 2015. "Machine Vision-Based Software for Automating the Grading Process of Philippine Table Eggs". <https://bit.ly/38NTLsn>. 30 ธันวาคม 2563.

Valdez, T.M., Tiam Watt, S.P., and Mappatao, P.G. 2015. "Automated Fertilized Duck Egg Sorting System Using Image Processing". **American Scientific Publishers**. 23(6):5191-5194.